

# Veränderungen verschiedener anthropometrischer Parameter sowie der Körperzusammensetzung im Verlauf des Seniorenalters unter Berücksichtigung der körperlichen Aktivität

Eine Untersuchung im Rahmen der Gießener Senioren Langzeitstudie

**Claudia Wendt**



## INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. oec. troph.)  
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Gießen



*edition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2012

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2012

© 2012 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

**[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)**

Institut für Ernährungswissenschaft  
Justus-Liebig-Universität Gießen

**Veränderungen verschiedener anthropometrischer  
Parameter sowie der Körperzusammensetzung im Verlauf  
des Seniorenalters unter Berücksichtigung der körperlichen  
Aktivität**

**Eine Untersuchung im Rahmen der Gießener Senioren Langzeitstudie**

**INAUGURAL-DISSERTATION**

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. oec. troph.)  
im Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und  
Umweltmanagement

eingereicht von

**Claudia Wendt**

Gießen 2011

Dissertation im Fachbereich  
Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement  
der Justus-Liebig-Universität Gießen  
September 2011

Prüfungskommission:

|                 |                                 |
|-----------------|---------------------------------|
| Vorsitzender:   | Prof. Dr. A. Evers              |
| 1. Gutachterin: | Prof. Dr. M. Neuhäuser-Berthold |
| 2. Gutachter:   | Prof. Dr. M. Krawinkel          |
| Prüfer:         | Prof. Dr. U. Wenzel             |
| Prüferin:       | Prof. Dr. I.-U.- Leonhäuser     |

## Inhaltsverzeichnis

|   |              |
|---|--------------|
| Verzeichnis der Tabellen .....  | VI           |
| Verzeichnis der Abbildungen .....   | X            |
| Verzeichnis der Abkürzungen .....   | XI           |
| <br><b>1        Einleitung</b> .....  | <br><b>1</b> |
| <br><b>2        Untersuchungsmethoden</b> .....   | <br><b>4</b> |
| 2.1        Gießener Senioren Langzeitstudie .....                                       | 4            |
| 2.1.1        Studiendesign .....  | 4            |
| 2.1.2        Studienablauf .....  | 5            |
| 2.1.3        Probanden .....  | 5            |
| 2.1.3.1        Voraussetzung für die Studienteilnahme .....                             | 5            |
| 2.1.3.2        Rekrutierung der Probanden .....   | 6            |
| 2.1.3.3        Teilnahmebereitschaft der Probanden .....                                | 6            |
| 2.1.3.4        Ausstiegsgründe der Probanden .....                                      | 8            |
| 2.1.3.5        Auswahl der Untersuchungskollektive .....                                | 10           |
| 2.1.3.6        Einteilung der Untersuchungskollektive nach Altersgruppen .....          | 14           |
| 2.2        Anthropometrische Messverfahren .....  | 16           |
| 2.2.1        Körpergewicht, Körpergröße und Body-Mass-Index .....                       | 16           |
| 2.2.2        Oberarm-, Taillen-, Hüftumfang und Waist-Hip-Ratio .....                   | 16           |
| 2.3        Bioelektrische Impedanzanalyse .....   | 17           |
| 2.3.1        Messprinzip und Durchführung .....   | 17           |
| 2.3.2        Berechnung der fettfreien Masse und des Gesamtkörperwassers .....          | 19           |
| 2.3.3        Präzision der BIA .....  | 22           |
| 2.4        Aktivitäts- und Gesamtenergieumsatz sowie körperlicher Aktivitätsindex ..... | 24           |
| 2.5        Statistische Kennzahlen und Testverfahren .....                              | 26           |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>3</b> | <b>Ergebnisse.....</b>   | <b>31</b> |
| 3.1      | Probanden .....  | 31        |
| 3.1.1    | Charakterisierung des Gesamtkollektivs anhand der Basisdaten .....   | 31        |
| 3.1.2    | Charakterisierung des Teilkollektivs anhand der Basisdaten .....   | 37        |
| 3.2      | Veränderungen der anthropometrischen Parameter im Verlauf des Alterns .....  | 44        |
| 3.3      | Veränderungen der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns .....   | 52        |
| 3.4      | Veränderungen der anthropometrischen Parameter in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns ..... | 59        |
| 3.5      | Veränderungen der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns .....        | 61        |
| <b>4</b> | <b>Diskussion.....</b>   | <b>65</b> |
| 4.1      | Probanden .....  | 66        |
| 4.1.1    | Alters- und Geschlechtsverteilung.....   | 66        |
| 4.1.2    | Anthropometrie.....  | 67        |
| 4.1.3    | Körperliche Aktivität.....   | 69        |
| 4.1.4    | Bildungsniveau .....   | 71        |
| 4.2      | Veränderungen der anthropometrischen Parameter im Verlauf des Alterns .....  | 72        |
| 4.2.1    | Körpergröße.....   | 72        |
| 4.2.2    | Körpergewicht .....  | 75        |
| 4.2.3    | Body-Mass-Index .....  | 81        |
| 4.2.4    | Oberarm-, Taillen-, Hüftumfang, und Waist-Hip-Ratio.....   | 85        |
| 4.3      | Veränderungen der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns .....   | 94        |
| 4.3.1    | Fettfreie Masse und Fettmasse .....  | 94        |
| 4.3.2    | Gesamtkörperwasser.....  | 110       |
| 4.4      | Veränderungen der anthropometrischen Parameter in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns ..... | 115       |
| 4.5      | Veränderungen der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns .....        | 124       |

|          |                                   |            |
|----------|-----------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>Schlussbetrachtung.....</b>    | <b>135</b> |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung .....</b>      | <b>140</b> |
| <b>7</b> | <b>Summary .....</b>              | <b>146</b> |
| <b>8</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b> | <b>151</b> |
| <b>9</b> | <b>Anhang.....</b>                | <b>173</b> |

## Verzeichnis der Tabellen

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Anzahl der Probanden in den einzelnen Erhebungsjahren nach dem Jahr der Rekrutierung .....   | 7  |
| 2.2  | Anzahl der Probanden nach Teilnahmehäufigkeit getrennt nach Geschlecht .....   | 8  |
| 2.3  | Anzahl der ausgeschiedenen Probanden in den einzelnen Erhebungsjahren nach Ausstiegsgründen .....  | 9  |
| 2.4  | Auswahl der Probanden für das Gesamtkollektiv getrennt nach Frauen und Männern .....   | 11 |
| 2.5  | Absolute und prozentuale Anzahl der Probanden des Gesamtkollektivs nach Teilnahmehäufigkeit und Geschlecht .....   | 12 |
| 2.6  | Absolute und prozentuale Anzahl der Probanden des Gesamtkollektivs anhand der Follow-up Jahre und Geschlecht .....   | 13 |
| 2.7  | Auswahl der Probanden für das Teilkollektiv getrennt nach Frauen und Männern .....   | 14 |
| 2.8  | Einteilung der Probanden des Gesamtkollektivs anhand des Basisalters .....   | 15 |
| 2.9  | Einteilung der Probanden des Teilkollektivs anhand des Basisalters .....   | 15 |
| 2.10 | Berechnung der fettfreien Masse anhand der Formeln von Deurenberg et al. 1991 und Roubenoff et al. 1997 am Beispiel von zwei verschiedenen Altersangaben ..... | 21 |
| 2.11 | Alter und anthropometrische Daten des Untersuchungskollektivs (n = 7) bezüglich der Präzision der BIA-Messung (MW ± SD) .....                                  | 22 |
| 2.12 | Resistanz und Reaktanz der Probanden (n = 7) bezüglich der Präzision der BIA-Messung (MW ± SD) .....   | 23 |
| 2.13 | Variationskoeffizienten (%) der Probanden (n = 7) für die Resistanz und die Reaktanz .....   | 23 |
| 2.14 | Multiplikatoren für den Ruheenergieumsatz für verschiedene körperliche Aktivitäten (nach WHO 1985) .....   | 25 |
| 3.1  | Alter der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW ± SD, [Min-Max]) .....               | 31 |
| 3.2  | Anthropometrische Parameter der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW ± SD) .....    | 32 |



|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.3  | Resistenz und Reaktanz der Probanden des Gesamtkollektivs<br>getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der<br>ersten Erhebung (MW $\pm$ SD).....  | 33 |
| 3.4  | Körperzusammensetzung der Probanden des Gesamtkollektivs<br>getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt<br>der ersten Erhebung (MW $\pm$ SD).....   | 34 |
| 3.5  | Zeitverbrauch der Probanden des Gesamtkollektivs für<br>verschiedene körperliche Aktivitäten (min/d) getrennt nach<br>Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten<br>Erhebung (MW $\pm$ SD, [Min-Max]) ..... | 35 |
| 3.6  | Körperlicher Aktivitätsindex und Aktivitätsumsatz der Probanden des<br>Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum<br>Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW $\pm$ SD; [Min-Max]) .....                 | 36 |
| 3.7  | Alter der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer<br>des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung<br>(MW $\pm$ SD, [Min-Max]).....   | 37 |
| 3.8  | Anthropometrische Parameter der jüngeren und älteren Frauen sowie der<br>jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung<br>(MW $\pm$ SD).....  | 38 |
| 3.9  | Resistenz und Reaktanz der jüngeren und älteren Frauen sowie der<br>jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung<br>(MW $\pm$ SD).....   | 39 |
| 3.10 | Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Frauen sowie der<br>jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung<br>(MW $\pm$ SD).....  | 40 |
| 3.11 | Zeitverbrauch für verschiedene körperliche Aktivitäten (min/d)<br>der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des<br>Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung<br>(MW $\pm$ SE, [Min-Max]) .....  | 42 |
| 3.12 | Körperlicher Aktivitätsindex und Aktivitätsumsatz der jüngeren und<br>älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum<br>Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW $\pm$ SD, [Min-Max]) .....                  | 43 |
| 3.13 | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen<br>Parameter der Frauen des Gesamtkollektivs anhand des<br>PROC MIXED Modells.....  | 45 |
| 3.14 | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter<br>der Männer des Gesamtkollektivs anhand des<br>PROC MIXED Modells.....  | 47 |
| 3.15 | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter<br>der Frauen des Teilkollektivs anhand des<br>PROC MIXED Modells.....  | 49 |
| 3.16 | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der<br>jüngeren Männer des Teilkollektivs anhand des<br>PROC MIXED Modells.....   | 51 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 3.17 | Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Frauen des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells.....   | 53  |
| 3.18 | Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Männer des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells.....   | 55  |
| 3.19 | Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Frauen des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells.....   | 57  |
| 3.20 | Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der jüngeren Männer des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells.....  | 58  |
| 3.21 | Altersabhängige Veränderungen des Taillenumfanges der Männer des Gesamtkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2.....   | 60  |
| 3.22 | Altersabhängige Veränderungen der absoluten FFM der Frauen des Teilkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2.....   | 62  |
| 3.23 | Altersabhängige Veränderungen des absoluten GW der Frauen des Teilkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2.....  | 64  |
| 4.1  | Altersverteilung (%) der Frauen und Männer ( $\geq 60$ Jahre) in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2008, S 44, Stand 2006) .....  | 67  |
| 4.2  | Anthropometrische Daten der Probanden der NVS II und des BGS 1998 nach Altersgruppen und Geschlecht (Max Rubner-Institut 2008, S127f, (MW $\pm$ SE), Bergmann und Mensink 1999 (MW $\pm$ SD))..... | 68  |
| 4.3  | Verteilung (%) der Männer und Frauen ( $\geq 60$ Jahre) in Deutschland anhand des höchsten Schulabschlusses (Statistisches Bundesamt 2009b, Stand 2008).....                                       | 71  |
| A1   | Variationskoeffizienten für die Resistanz ermittelt aus Messergebnissen der BIA (MW $\pm$ SD, [Min-Max]).....  | 173 |
| A2   | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modell .....                  | 174 |
| A3   | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Männer des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....                  | 175 |
| A4   | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....                    | 176 |
| A5   | Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der jüngeren Männer des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....           | 177 |
| A6   | Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Frauen des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....           | 178 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| A7  | Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Männer des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....         | 179 |
| A8  | Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Frauen des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells.....           | 180 |
| A9  | Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren Männer des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells ..... | 181 |
| A10 | Anteil (%) der Probanden des Gesamtkollektivs nach zeitlichem Aufwand für sportliche Aktivitäten getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen .....  | 182 |
| A11 | Höchster Schulabschluss der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht (absolut und prozentual).....  | 183 |
| A12 | Jährliche Veränderung der Körpergröße des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechende Studienergebnisse aus der Literatur.....  | 184 |
| A13 | Jährliche Veränderung des Körpergewichts des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....   | 185 |
| A14 | Jährliche Veränderung des BMI des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur.....   | 186 |
| A15 | Jährliche Veränderung des Taillenumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....   | 187 |
| A16 | Jährliche Veränderung des Hüftumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....  | 188 |
| A17 | Jährliche Veränderung der WHR des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur.....   | 188 |
| A18 | Jährliche Veränderung des Oberarmumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....   | 189 |
| A19 | Jährliche Veränderung der absoluten FFM des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....  | 190 |
| A20 | Jährliche Veränderung der absoluten Fettmasse des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....  | 191 |
| A21 | Jährliche Veränderung der prozentualen Fettmasse des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....   | 192 |
| A22 | Jährliche Veränderung des absoluten GKW des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....  | 192 |
| A23 | Jährliche Veränderung des prozentualen GKW des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur .....   | 193 |
| A24 | PAI (Basiswerte) der Frauen des Gesamt- und Teilkollektivs im Vergleich .....  | 193 |
| A25 | Veränderungen der FFM (kg, %) und Fettmasse (kg) der GISELA-Teilnehmer zwischen 1994 und 2004 getrennt nach Körpergewichtsveränderung und Alter (MW $\pm$ SD, [Min-Max]) .....                   | 194 |

## Verzeichnis der Abbildungen

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 2.1 | Schematische Darstellung des Messprinzips der bioelektrischen Impedanzanalyse (nach Oldham 1996) .....  | 18  |
| 2.2 | Elektrodenplatzierung an Hand und Fuß (nach van Loan 1990).....   | 18  |
| A1  | Mittlere Veränderung des Körpergewichts, der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse der GISELA-Probanden getrennt nach Körpergewichtsveränderung und Alter ..... | 195 |

## Verzeichnis der Abkürzungen

|        |  |
|--------|--|
| abs.   | Absolut  |
| AEE    | Aktivitätsumsatz (activity energy expenditure)                 |
| BIA    | Bioelektrische Impedanzanalyse                                 |
| BGS    | Bundes Gesundheitssurvey                                       |
| BMI    | Body-Mass-Index  |
| CV     | Variationskoeffizient (coefficient of variation)               |
| DEXA   | Dual-Energy X-Ray Absorptiometry                               |
| ECW    | Extrazelluläres Wasser   |
| F      | Frauen   |
| FFM    | Fettfreie Masse  |
| GISELA | Gießener Senioren Langzeitstudie                               |
| GKW    | Gesamtkörperwasser   |
| GU     | Grundumsatz  |
| IL-1   | Interleukin 1  |
| IL-6   | Interleukin 6  |
| ICW    | Intrazelluläres Wasser   |
| J      | Jahre  |
| k. A.  | keine Angabe   |
| LBM    | Magermasse (lean body mass)                                    |
| M      | Männer   |
| Max    | Maximum  |
| MET    | Metabolisches Äquivalent                                       |
| Min    | Minimum  |
| MW     | Mittelwert   |
| NVS    | Nationale Verzehrsstudie                                       |
| p      | Irrtumswahrscheinlichkeit                                      |
| SD     | Standardabweichung   |
| SE     | Standardfehler   |
| SRA    | Sport und Freizeitaktivität (sports and recreational activity) |

|         |  |
|---------|--|
| PAI     | Körperlicher Aktivitätsindex (physical activity index) |
| $\beta$ | Regressionskoeffizient                                 |
| WHO     | World Health Organization                              |
| WHR     | Waist-Hip-Ratio  |

# **1            Einleitung**

In der Bundesrepublik Deutschland leben zurzeit ca. 82 Millionen Menschen, davon sind 13 Millionen 65 Jahre alt oder älter (Robert Koch Institut und Statistisches Bundesamt 2006, S 3). Den Bevölkerungsvorausberechnungen zufolge wird in den nächsten Jahrzehnten sowohl die Anzahl der Älteren als auch deren Anteil an der Gesamtbevölkerung weiter steigen. Im Jahr 2008 lebten etwa vier Millionen 80jährige und ältere Personen in Deutschland; dies entsprach 5,0 % der Bevölkerung. Ihre Zahl wird kontinuierlich steigen und mit über 10 Millionen im Jahr 2050 den bis dahin höchsten Wert erreichen. Voraussichtlich werden in vierzig Jahren 14,0 % der deutschen Bevölkerung – das ist jeder Siebente – 80 Jahre oder älter sein (Statistisches Bundesamt 2009a).

Das zunehmend hohe Alter stellt für die Gesellschaft und für die Gesundheitswissenschaften (Public Health) eine größer werdende Herausforderung dar. Die gewonnenen Lebensjahre sind häufig durch einen schlechter werdenden Gesundheitsstatus, abnehmende Mobilität, Depression, Isolation und Einsamkeit geprägt. Dies hat zur Folge, dass insgesamt die Lebensqualität abnimmt (Robert Koch Institut und Statistisches Bundesamt 2006, S 10ff).

Neben Umwelteinflüssen, demographischen und sozialen Faktoren spielt der biologische Alterungsprozess eine entscheidende Rolle für die Lebensqualität (Drewnowski und Evans 2001). Ein wichtiger Teil in diesem Alterungsprozess wird durch Veränderungen anthropometrischer Parameter (Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index (BMI), Körperumfänge, Waist-Hip-Ratio (WHR)) (Suominen 1997, Dey et al. 1999, Hughes et al. 2004) sowie quantitativen als auch qualitativen Veränderungen in der Körperzusammensetzung (Fettfreie Masse (FFM), Fettmasse, Gesamtkörperwasser (GKW)) (Steen et al. 1985, Forbes 1987 S 169ff, Heitmann 1991, Baumgartner et al. 1995, Baumgartner 2000, Heitmann und Garby 2002, Kyle et al. 2001, Kyle et al. 2006b) beschrieben. Bezüglich der Körpergröße kommt es zu einer Verringerung (Hughes et al. 2004, Dey et al. 2009), die Skelettmuskelmasse reduziert sich (Gallagher et al. 2000, Goodpaster et al. 2006) und die Fettmasse verlagert sich von peripheren zu abdominalen Körperbereichen (DeGroot et al.

2002, Hughes et al. 2004). Diese physiologischen Veränderungen werden durch ein komplexes Zusammenspiel vieler Faktoren beeinflusst. Dazu gehören neben dem Altern per se auch genetische Dispositionen, Veränderungen des Ernährungsstatus und der körperlichen Aktivität (Masoro 2001, Bales und Ritchie 2002, Perissinotto et al. 2002).

Weiterhin sind die altersabhängigen Veränderungen der anthropometrischen Parameter sowie der Körperzusammensetzung mit einem größeren Risiko von Morbidität, Behinderungen und Mortalität verknüpft (Segal et al. 1987, Rimm et al. 1995, Oppert et al. 2002, Janssen et al. 2002a, Visser et al. 2005, Janssen 2006). In diesem Zusammenhang ist die körperliche Aktivität von besonderem Interesse, da ein wichtiger Beitrag zur Aufrechterhaltung von Gesundheit und Wohlbefinden im Alter im Ausmaß und in der Regelmäßigkeit der körperlichen Aktivität vermutet wird (Mensink 2003); vor allem im Hinblick darauf, dass durch körperliche Aktivität vermutlich eine Verlangsamung der Abnahme der FFM (v.a. Skelettmuskelmasse) erzielt werden kann (Joseph et al. 1999, Hunter et al. 2002, Campbell et al. 2009, Koster et al. 2010). Genauere Erkenntnisse bezüglich der dafür erforderlichen Trainingsintensität sind notwendig, um adäquate Präventiv- und Behandlungsverfahren entwickeln zu können, die im Alter eine möglichst lange Erhaltung der Lebensqualität unterstützen.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Studien durchgeführt, in denen der Alterungsprozess und die anthropometrischen Parameter sowie die Körperzusammensetzung bei älteren Personen untersucht wurden. Jedoch handelt es sich vorwiegend um Querschnittuntersuchungen. Im Gegensatz zu Langzeitstudien beschreiben diese nicht ausreichend die altersabhängigen Veränderungen von Individuen, da Informationen altersheterogener Populationen lediglich zu einem bestimmten Zeitpunkt erhoben werden und sich Unterschiede somit ebenfalls durch Kohorteneffekte und/oder selektive Mortalität ergeben können. Daher ist es kaum möglich, anhand von Querschnittstudien den relativen Beitrag des Alters sicher zu bestimmen (Guo et al. 1999, Hofer und Sliwinski 2001, Masoro 2001).

Vor diesem Hintergrund wurde die Gießener Senioren<sup>1</sup> Langzeitstudie (GISELA) initiiert. In dieser prospektiven Kohortenstudie wird seit 1994 in jährlichen bzw. seit 1998 in zweijährlichen Abständen der Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Gießener Senioren

---

<sup>1</sup> Senioren beinhaltet Männer und Frauen



untersucht. In der GISELA-Studie werden neben anthropometrischen Daten (Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Taillen-, Hüft-, Oberarmumfang, WHR) auch Daten zur Körperzusammensetzung (FFM, Fettmasse, GKW) und zur Aktivität der Senioren erfasst.

Im begrenzten Umfang sind bereits Langzeitstudien (Murray et al. 1996, Guo et al. 1999, Gallagher et al. 2000, Zamboni et al. 2003, Hughes et al. 2004, Fantin et al. 2007), die den Zusammenhang zwischen dem Alter und anthropometrischen Parametern sowie der Körperzusammensetzung untersuchen, vorhanden. Jedoch gibt es nur eine sehr geringe Anzahl an Langzeitstudien (Pollock et al. 1997, Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b, Raguso et al. 2006), die den Einfluss der körperlichen Aktivität auf diesen Zusammenhang untersuchen. Die Mehrheit der vorhandenen Studien beschreibt relativ kleine Kollektive oder greift auf Untersuchungsperioden von nur wenigen Jahren zurück.

Daher werden in der vorliegenden Studie Langzeitdaten zur Anthropometrie und zur Körperzusammensetzung der GISELA-Studie aus dem Erhebungszeitraum von 1994 bis 2004 untersucht. Es soll herausgearbeitet werden, ob und in welcher Größenordnung die Veränderungen der Parameter der Anthropometrie und der Körperzusammensetzung im Laufe einer Dekade in direkten Zusammenhang mit dem Altern stehen. Weiterhin wird geprüft, ob die altersbedingten Veränderungen in Abhängigkeit vom Geschlecht und vom Lebensalter in einem unterschiedlich hohen Ausmaß auftreten. Darüber hinaus soll anhand der in der GISELA-Studie erhobenen Daten zum körperlichen Aktivitätsindex (PAI) untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß die körperliche Aktivität ermöglicht, altersbedingte Veränderungsprozesse der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung abzuschwächen, aufzuhalten oder sogar umzukehren.

## **2 Untersuchungsmethoden**

### **2.1 Gießener Senioren Langzeitstudie**

#### **2.1.1 Studiendesign**

Seit 1994 werden im Rahmen der GISELA-Studie Daten in jährlichen bzw. seit 1998 in zweijährlichen Abständen zum Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Gießener Senioren erhoben. Bei der GISELA-Studie handelt es sich um eine prospektive Kohortenstudie, die in Abhängigkeit von der Teilnahmebereitschaft und -fähigkeit der rekrutierten Probanden möglichst lange fortgeführt werden soll. Im Jahr 2010 wurde die elfte Erhebung durchgeführt. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich jedoch auf die Auswertung longitudinaler Daten der GISELA-Studie, die zwischen 1994 und 2004 erhoben wurden.

Im Rahmen der GISELA-Studie finden neben anthropometrischen Messungen (Körpergewicht, Körpergröße, Kniehöhe, Hautfaltendicken und Körperumfänge) Untersuchungen zur Körperzusammensetzung (FFM, Fettmasse, GKW, Organmasse, Knochendichte) und zum Energieumsatz statt. Daten zum Ernährungsverhalten einschließlich Genussmittelkonsum, Krankheiten, Medikamenten- und Supplementeneinnahme, körperliche Aktivität sowie sozioökonomische und -demografische Daten werden mit Hilfe eines Fragebogens erhoben.

Das Ziel der Studie ist die Dokumentation von Veränderungen der untersuchten Parameter im Verlauf des Alterns in Abhängigkeit vom Gesundheitszustand. Zudem sollen Wechselbeziehungen zwischen den genannten Parametern aufgezeigt werden und Kriterien für einen anzustrebenden Ernährungsstatus im Alter entwickelt werden (Neuhäuser-Berthold et al. 1999).

Das Forschungsprojekt wurde von der Ethikkommission am Fachbereich Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen geprüft und ohne Einwände genehmigt.

### **2.1.2 Studienablauf**

Alle direkt an den Probanden vorzunehmenden Untersuchungen werden im Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Während der Untersuchungsperiode von Juli bis Oktober kommt jeder Studienteilnehmer nach vorheriger telefonischer Terminabsprache morgens in das Institut. Die Senioren sollen zu den Messungen nüchtern erscheinen, wobei die letzte Mahlzeit spätestens um 22.00 Uhr am Vortag eingenommen werden sollte.

Bei den jeweiligen Untersuchungsterminen finden Messungen zum Ruheumsatz, zur Anthropometrie und zur Körperzusammensetzung statt. Um eine einheitliche Gewinnung der Daten zu sichern werden die Messungen zur Anthropometrie und zur Körperzusammensetzung von speziell geschulten Oecotrophologinnen durchgeführt. Nach kurzer Erläuterung werden den Teilnehmern im Anschluss an die Untersuchungen ein Fragebogen und ein Ernährungsprotokoll ausgehändigt mit der Bitte, diese zu Hause auszufüllen und wieder ans Institut zurückzusenden.

Nach den Messungen wird den Senioren im Institut ein Frühstück angeboten, dabei werden die Untersuchungsergebnisse mit den Senioren besprochen sowie Fragen bezüglich der Messungen geklärt.

### **2.1.3 Probanden**

#### **2.1.3.1 Voraussetzung für die Studienteilnahme**

Die GISELA-Studie bedarf aufgrund ihres Studiendesigns (prospektive Kohortenstudie) keiner Repräsentativität und aus diesem Grund werden die Senioren nicht nach repräsentativen Kriterien rekrutiert.

Im Blickpunkt des Interesses der GISELA-Studie stehen ausschließlich Senioren, die körperlich mobil sind, in Gießen und Umgebung wohnen und ein Mindestalter von 60 Jahren aufweisen.

### **2.1.3.2 Rekrutierung der Probanden**

Die Rekrutierung der Senioren begann im Frühjahr 1994 über Zeitungsartikel in der lokalen Presse, Ärzte, Seniorenveranstaltungen, Gymnastikkurse, Aushänge und Senioren, die bereits an den Untersuchungen teilgenommen hatten. Der größte Anteil der Probanden (39,1 %) wurde 1994 über Werbung von Senioren rekrutiert, die bereits an den Untersuchungen teilgenommen hatten. Im ersten Erhebungsjahr 1994 nahmen insgesamt 220 Senioren an den Messungen teil. Für das zweite Erhebungsjahr 1995 konnten insgesamt 107 neue Probanden gewonnen werden, die Rekrutierung dieser Probanden erfolgte nur noch über Artikel in der Gießener Lokalpresse und über bereits rekrutierte Senioren. In den Erhebungsjahren 1996 und 1997 wurden neue Probanden ausschließlich durch Mund-zu-Mund-Propaganda der Senioren, die bereits an den Untersuchungen teilgenommen haben, rekrutiert. So konnten für die Erhebungsjahre 1996 und 1997 jeweils 63 neue Probanden gewonnen werden. In den Erhebungsjahren 1998, 2000, 2002 und 2004 wurde zwar nicht mehr aktiv rekrutiert, aber Freunde und Bekannte, die über bereits teilnehmende Senioren von der Studie erfuhren und ihre Teilnahmebereitschaft erklärten, wurden weiterhin in die GISELA-Studie einbezogen. Auf diese Weise wurden 1998 36 Senioren, 2000 44 Senioren, 2002 49 Senioren und 2004 2 Senioren für die Teilnahme gewonnen. Bis zum Jahr 2004 nahmen insgesamt 584 Senioren (413 Frauen und 171 Männer) an der GISELA-Studie teil.

### **2.1.3.3 Teilnahmebereitschaft der Probanden**

Die Teilnahmebereitschaft der Probanden im Verlauf der Studie bis 2004 zeigt Tab. 2.1. Von den 220 Senioren, die 1994 rekrutiert wurden, nahmen 85,0 % an der Erhebung 1995 teil. Im achten Untersuchungsjahr 2004 nahmen noch 55,0 % der 1994 rekrutierten Senioren teil.

**Tab. 2.1: Anzahl der Probanden in den einzelnen Erhebungsjahren nach dem Jahr der Rekrutierung**

| Jahr der Rekrutierung | Erhebungsjahr           |                         |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                       | 1994                    | 1995                    | 1996                     | 1997                     | 1998                     | 2000                     | 2002                     | 2004                     |
| 1994                  | 220<br>(157 F,<br>63 M) | 187<br>(132 F,<br>55 M) | 179<br>(128 F,<br>51 M)  | 169<br>(121 F,<br>48 M)  | 163<br>(116 F,<br>47 M)  | 151<br>(106 F,<br>45 M)  | 138<br>(98 F,<br>40 M)   | 121<br>(85 F,<br>36 M)   |
| 1995                  |                         | 107<br>(77 F,<br>30 M)  | 94<br>(68 F,<br>26 M)    | 91<br>(67 F,<br>24 M)    | 87<br>(63 F,<br>24 M)    | 79<br>(56 F,<br>23 M)    | 72<br>(52 F,<br>20 M)    | 64<br>(46 F,<br>18 M)    |
| 1996                  |                         |                         | 63<br>(36 F,<br>27 M)    | 59<br>(32 F,<br>27 M)    | 53<br>(28 F,<br>25 M)    | 49<br>(24 F,<br>25 M)    | 43<br>(21 F,<br>22 M)    | 35<br>(16 F,<br>19 M)    |
| 1997                  |                         |                         |                          | 63<br>(50 F,<br>13 M)    | 49<br>(39 F,<br>10 M)    | 46<br>(38 F,<br>8 M)     | 38<br>(32 F,<br>6 M)     | 33<br>(29 F,<br>4 M)     |
| 1998                  |                         |                         |                          |                          | 36<br>(25 F,<br>11 M)    | 25<br>(16 F,<br>9 M)     | 24<br>(16 F,<br>8 M)     | 23<br>(15 F,<br>8 M)     |
| 2000                  |                         |                         |                          |                          |                          | 44<br>(30 F,<br>14 M)    | 39<br>(28 F,<br>11 M)    | 34<br>(26 F,<br>8 M)     |
| 2002                  |                         |                         |                          |                          |                          |                          | 49<br>(36 F,<br>13 M)    | 38<br>(28 F,<br>10 M)    |
| 2004                  |                         |                         |                          |                          |                          |                          |                          | 2<br>(2 F,<br>0 M)       |
| Gesamt                | 220<br>(157 F,<br>63 M) | 294<br>(209 F,<br>85 M) | 336<br>(232 F,<br>104 M) | 382<br>(270 F,<br>112 M) | 388<br>(271 F,<br>117 M) | 394<br>(270 F,<br>124 M) | 403<br>(283 F,<br>120 M) | 350<br>(247 F,<br>103 M) |

F = Frauen, M = Männer

Im Verlauf der zehn Jahre haben von den insgesamt 584 rekrutierten Senioren 12,8 % an nur einer Untersuchung und 19,3 % an allen acht Erhebungen teilgenommen (s. Tab. 2.2). Im Mittel haben die Frauen an  $4,7 \pm 2,5$  und die Männer an  $4,8 \pm 2,5$  Erhebungen teilgenommen.

**Tab. 2.2: Anzahl der Probanden nach Teilnahmehäufigkeit getrennt nach Geschlecht**

|        | Teilnahmehäufigkeit |    |    |    |    |    |    |     |
|--------|---------------------|----|----|----|----|----|----|-----|
|        | 1                   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8   |
| Frauen | 56                  | 51 | 48 | 36 | 54 | 31 | 59 | 78  |
| Männer | 19                  | 27 | 13 | 16 | 15 | 25 | 21 | 35  |
| Gesamt | 75                  | 78 | 61 | 52 | 69 | 56 | 80 | 113 |

#### 2.1.3.4 Ausstiegsgründe der Probanden

Von den 584 Senioren, die bis 2004 an der GISELA-Studie teilgenommen haben, sind zwischen 1995 und 2004 insgesamt 199 Senioren aus unterschiedlichen Gründen ausgefallen (s. Tab. 2.3). Mit einem Anteil von 13,4 % sind Erkrankungen der Hauptgrund für einen Ausstieg, weiterhin zeigten 10,0 % der ehemaligen Teilnehmer kein Interesse mehr an der GISELA-Studie, 4,8 % verstarben, 2,6 % konnten telefonisch nicht mehr erreicht werden, 1,5 % sind verzogen und 1,5 % fielen durch andere Gründe aus (Sonstiges).

**Tab. 2.3: Anzahl der ausgeschiedenen Probanden (Frauen/Männer) in den einzelnen Erhebungsjahren nach Ausstiegsgründen**

| Ausstiegsgründe         | Erhebungsjahr |              |              |              |              |               |               |                 |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
|                         | 1995          | 1996         | 1997         | 1998         | 2000         | 2002          | 2004          | Gesamt          |
| Krankheit               | 13<br>(11/2)  | 6<br>(5/1)   | 4<br>(2/2)   | 11<br>(9/2)  | 15<br>(13/2) | 19<br>(12/7)  | 12<br>(9/3)   | 80<br>(61/19)   |
| Keine Interesse mehr    | 12<br>(8/4)   | 11<br>(6/5)  | 6<br>(4/2)   | 9<br>(7/2)   | 8<br>(8/0)   | 5<br>(4/1)    | 7<br>(5/2)    | 58<br>(42/16)   |
| Tod                     | 2<br>(1/1)    | 0<br>(0/0)   | 3<br>(1/2)   | 1<br>(1/0)   | 8<br>(5/3)   | 8<br>(1/7)    | 6<br>(2/4)    | 28<br>(11/17)   |
| Umzug                   | 0<br>(0/0)    | 0<br>(0/0)   | 1<br>(1/0)   | 1<br>(1/0)   | 3<br>(2/1)   | 4<br>(3/1)    | 0<br>(0/0)    | 9<br>(7/2)      |
| Nicht erreichbar        | 0<br>(0/0)    | 0<br>(0/0)   | 1<br>(1/0)   | 2<br>(2/0)   | 4<br>(2/2)   | 1<br>(1/0)    | 7<br>(6/1)    | 15<br>(12/3)    |
| Sonstiges               | 0<br>(0/0)    | 0<br>(0/0)   | 3<br>(3/0)   | 1<br>(1/0)   | 3<br>(2/1)   | 1<br>(1/0)    | 1<br>(1/0)    | 9<br>(8/1)      |
| Insgesamt ausgeschieden | 27<br>(20/7)  | 17<br>(11/6) | 18<br>(12/6) | 25<br>(21/4) | 41<br>(32/9) | 38<br>(22/16) | 33<br>(23/10) | 199<br>(141/58) |

### 2.1.3.5 Auswahl der Untersuchungskollektive

Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf die Langzeitdaten aus den Erhebungsjahren 1994-2004 der GISELA-Studie.

Von den 584 Senioren, die seit 1994 bis 2004 an der GISELA-Studie teilgenommen haben, werden zwei Untersuchungskollektive in dieser Arbeit untersucht: Bei dem *Gesamtkollektiv* handelt es sich um alle Probanden, die zwischen 1994 und 2004 mindestens zweimal an der GISELA-Studie teilgenommen haben. Teilnehmer, die zwischen 1994 und 2004 nur in einem Erhebungsjahr teilgenommen haben, werden ausgeschlossen, weil mit lediglich einer Erhebung innerhalb von zehn Jahren kein Verlauf dargestellt werden kann. Im Gesamtkollektiv werden somit Probanden mit fehlenden Daten aus einzelnen Erhebungsjahren mit berücksichtigt. Für das *Teilkollektiv* werden nur die Probanden aus dem Gesamtkollektiv ausgewählt, die zwischen 1994 und 2004 regelmäßig in zweijährlichen Abständen an der GISELA-Studie teilgenommen haben. Im Folgenden wird die Auswahl der Kollektive detailliert dargestellt.

#### ***Gesamtkollektiv***

56 Frauen und 19 Männer werden nicht in das Gesamtkollektiv einbezogen, weil diese Probanden nur einmalig an der Studie teilgenommen haben und wie bereits erwähnt, mit Daten aus einer Erhebung kein Verlauf dargestellt werden kann (s. Tab. 2.4).

Die BIA liefert keine zuverlässigen Ergebnisse, wenn bei den Probanden Störungen im Elektrolyt- und Wasserhaushalt vorliegen (Hutcheson et al. 1988, Deurenberg et al. 1989, Brodie et al. 1991, Heitmann 1994, Kushner et al. 1996, Kyle et al. 2004a). In der Studie von Brodie et al. 1991 wurde bei 16 Probanden die absolute FFM vor und nach einer Diuretika-Einnahme (80 mg Frusemide) mittels BIA, Hydrodensitometrie und  $K^{40}$ -Methode ermittelt. Durch jede der eingesetzten Methoden konnte eine signifikante Abnahme der absoluten FFM nach der Diuretika-Einnahme ermittelt werden (BIA: -2,63 kg, Hydrodensitometrie: -2,33 kg und  $K^{40}$ -Methode: -1,80 kg). Aus diesem Grund werden 9 Frauen und 6 Männer ausgeschlossen, da sie Ödeme hatten und/oder im Fragebogen angaben, Diuretika einzunehmen. Weiterhin werden 17 Frauen und 10 Männer ausgeschlossen, von denen nach der Herausnahme der Untersuchungsjahre, in denen eine



Diuretika-Einnahme und/oder Ödeme vorlagen, nur noch Daten aus einem Erhebungsjahr vorlagen.

Da das physikalische Prinzip der BIA nicht auf Probanden mit Implantaten und Amputationen übertragen werden kann (Kushner et al. 1996, NIH Technol Assess Statement 1996, Kyle et al. 2004b) werden fünf weibliche Teilnehmer ausgeschlossen. Frauen, die sich im Verlauf der Studie einer Amputation unterziehen mussten, wurden weiterhin im Gesamtkollektiv berücksichtigt, sofern vor der Amputation mindestens in zwei Untersuchungsjahren Daten vorlagen.

Als weiteres Auswahlkriterium für das Gesamtkollektiv wurde festgelegt, dass der PAI in mindestens zwei Erhebungsjahren vorhanden sein soll, damit dieser als Einflussfaktor berücksichtigt werden kann. Um den PAI berechnen zu können, mussten die Probanden den Fragebogen ausgefüllt und an der Messung des Grundumsatzes (GU) teilgenommen haben. Daher werden 39 Frauen und 5 Männer ausgeschlossen, von denen entweder kein ausgefüllter Fragebogen und/oder keine GU-Messung vorlagen.

Aufgrund der beschriebenen Auswahlkriterien werden insgesamt 126 Frauen und 40 Männer ausgeschlossen. Das Gesamtkollektiv setzt sich somit aus 287 Frauen und 131 Männern zusammen.

**Tab. 2.4: Auswahl der Probanden für das Gesamtkollektiv getrennt nach Frauen und Männern**

|  | Frauen | Männer | Gesamt |
|--|--------|--------|--------|
| GISELA-Kollektiv   | 413    | 171    | 584    |
| Teilnahme nur in einem Erhebungsjahr   | -56    | -19    | -75    |
| Ödeme und/oder Diuretika   | -9     | -6     | -15    |
| Nach Ausschluss von Diuretika und/oder Ödemen nur noch ein Erhebungsjahr übrig | -17    | -10    | -27    |
| Amputation   | -5     | 0      | -5     |
| PAI-Berechnung nicht möglich   | -39    | -5     | -44    |
| Gesamtkollektiv  | 287    | 131    | 418    |

Zwischen 1994 und 2004 haben die ausgewählten Probanden des Gesamtkollektivs die GISELA-Studie insgesamt 2151-mal (Frauen: 1454-mal, Männer: 697-mal) besucht (s. Tab. 2.5). Hierbei sind zwischen zwei und acht Messungen pro Studienteilnehmer verfügbar. Im Durchschnitt liegen 5,2 Besuche pro Proband vor, 5,3 Besuche pro männlicher und 5,1 Besuche pro weiblicher Teilnehmer.

**Tab. 2.5: Absolute und prozentuale Anzahl der Probanden des Gesamtkollektivs nach Teilnahmehäufigkeit und Geschlecht**

| Teilnahmehäufigkeit | Frauen<br>(n = 287) | Männer<br>(n = 131) | Gesamt<br>(n = 418) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2                   | 41 (14,3 %)         | 21 (16,0 %)         | 62 (14,8 %)         |
| 3                   | 45 (15,7 %)         | 11 (8,4 %)          | 56 (13,4 %)         |
| 4                   | 31 (10,8 %)         | 15 (11,5 %)         | 46 (11,0 %)         |
| 5                   | 50 (17,4 %)         | 14 (10,7 %)         | 64 (15,3 %)         |
| 6                   | 25 (8,7 %)          | 27 (20,6 %)         | 52 (12,4 %)         |
| 7                   | 47 (16,4 %)         | 14 (10,7 %)         | 61 (14,6 %)         |
| 8                   | 48 (16,7 %)         | 29 (22,1 %)         | 77 (18,4 %)         |

In Tab. 2.6 sind die absolute sowie die prozentuale Anzahl der Probanden nach der Teilnahmedauer (Follow-up-Jahre) getrennt für Frauen und Männer dargestellt. Die Probanden wurden mindestens über einen Zeitraum von einem Jahr und maximal von zehn Jahren beobachtet. Im Mittel beträgt die Teilnahmedauer der Frauen 6,4 Jahre und die der Männer 6,6 Jahre.

**Tab. 2.6: Absolute und prozentuale Anzahl der Probanden des Gesamtkollektivs anhand der Follow-up Jahre und Geschlecht**

| Follow-up Periode<br>(in Jahren) | Frauen<br>(n = 287) | Männer<br>(n = 131) | Gesamt<br>(n = 418) |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1                                | 10 (3,5 %)          | 7 (5,3 %)           | 17 (4,1 %)          |
| 2                                | 37 (12,9 %)         | 14 (10,7 %)         | 51 (12,2 %)         |
| 3                                | 14 (4,9 %)          | 5 (3,8 %)           | 19 (4,5 %)          |
| 4                                | 38 (13,2 %)         | 13 (9,9 %)          | 51 (12,2 %)         |
| 5                                | 11 (3,8 %)          | 3 (2,3 %)           | 14 (3,3 %)          |
| 6                                | 26 (9,1 %)          | 15 (11,5 %)         | 41 (9,8 %)          |
| 7                                | 31 (10,8 %)         | 9 (6,9 %)           | 40 (9,3 %)          |
| 8                                | 24 (8,4 %)          | 18 (13,7 %)         | 42 (10,3 %)         |
| 9                                | 36 (12,5 %)         | 15 (11,5 %)         | 51 (12,2 %)         |
| 10                               | 60 (20,9 %)         | 32 (24,4 %)         | 92 (22,0 %)         |

### ***Teilkollektiv***

Das Teilkollektiv stellt eine Auswahl aus dem Gesamtkollektiv dar. Als Auswahlkriterium wird eine regelmäßige Teilnahme in den Untersuchungsjahren 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 und 2004 vorausgesetzt, d.h. dass pro Proband sechs Messwiederholungen vorliegen. Das Teilkollektiv dient als Kontrollgruppe (per Protokoll) für das Gesamtkollektiv und soll aufzeigen, ob sich aufgrund der häufig nicht kontinuierlichen Messwerte im Gesamtkollektiv bedeutende Unterschiede in den Untersuchungsergebnissen beobachten lassen. Insgesamt wurden 336 Probanden (234 Frauen und 102 Männer) aufgrund von fehlenden Messdaten ausgeschlossen (s. Tab. 2.7).

Als weiteres Auswahlkriterium für das Teilkollektiv wurde festgelegt, dass der PAI in jedem vorausgesetzten Untersuchungsjahr vorhanden sein soll. Daher müssen die

Probanden den Fragebogen in den Jahren 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 und 2004 ausgefüllt und an der GU-Messung teilgenommen haben. So wurden 18 Frauen und 9 Männer ausgeschlossen, von denen entweder kein ausgefüllter Fragebogen und/oder keine GU-Messung vorlagen. Somit umfasst das Teilkollektiv 55 Teilnehmer (35 Frauen und 20 Männer).

**Tab. 2.7: Auswahl der Probanden für das Teilkollektiv getrennt nach Frauen und Männern**

|  | Frauen | Männer | Gesamt |
|--|--------|--------|--------|
| Gesamtkollektiv  | 287    | 131    | 418    |
| Keine kontinuierliche Teilnahme in 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 und 2004 | -234   | -102   | -336   |
| PAI-Berechnung nicht möglich   | -18    | -9     | -27    |
| Teilkollektiv  | 35     | 20     | 55     |

#### 2.1.3.6 Einteilung der Untersuchungskollektive nach Altersgruppen

Die Probanden der beiden Untersuchungskollektive werden anhand des Basisalters in die Altersgruppen 60-69 Jahre und > 69 Jahre eingeteilt (s. Tab. 2.8 und Tab. 2.9). Bei dieser Einteilung stand nicht die Verteilung nach gleich großen Gruppen im Vordergrund, sondern das Alter 70 Jahre wurde bewusst als Grenze eingesetzt, um Unterschiede bezüglich der Veränderungen zwischen jüngeren und älteren Senioren aufzeigen zu können. Als Basisalter wird das Alter bezeichnet, mit dem der Proband erstmalig in der vorliegenden Arbeit in den Untersuchungskollektiven berücksichtigt wird.

**Tab. 2.8: Einteilung der Probanden des Gesamtkollektivs anhand des Basisalters**

| Basisalter (J) | Frauen |      | Männer |      | Gesamt |      |
|----------------|--------|------|--------|------|--------|------|
|                | abs.   | %    | abs.   | %    | abs.   | %    |
| 60-69 Jahre    | 195    | 67,9 | 101    | 77,1 | 296    | 70,8 |
| > 69 Jahre     | 92     | 32,1 | 30     | 22,9 | 122    | 29,2 |

J = Jahre, abs. = absolut

Da im Teilkollektiv die Gruppe der älteren Männer (> 69 Jahre) aus nur einem Proband besteht (s. Tab. 2.9), wird die Charakterisierung sowie die statistische Auswertung des Teilkollektivs auf die Gruppe der Frauen (jüngere und ältere) sowie auf die Gruppe der jüngeren Männer beschränkt.

**Tab. 2.9: Einteilung der Probanden des Teilkollektivs anhand des Basisalters**

| Basisalter (J) | Frauen |      | Männer |    | Gesamt |      |
|----------------|--------|------|--------|----|--------|------|
|                | abs.   | %    | abs.   | %  | abs.   | %    |
| 60-69 Jahre    | 27     | 77,1 | 19     | 95 | 46     | 83,6 |
| > 69 Jahre     | 8      | 22,9 | 1      | 5  | 9      | 16,4 |

J = Jahre, abs. = absolut

## **2.2 Anthropometrische Messverfahren**

### **2.2.1 Körpergewicht, Körpergröße und Body-Mass-Index**

Mit einer geeichten elektronischen Waage (Seca Vogel & Halke GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland), deren Messbereich zwischen 5,0 und 200,0 kg liegt, wird das Körpergewicht ermittelt. Die Senioren stellen sich dazu leicht bekleidet und ohne Schuhe auf die Waage. Dabei wird das Körpergewicht auf 0,5 kg genau bestimmt. Je nach Schwere der Kleidung werden 0,5 – 1,0 kg vom Messergebnis abgezogen.

Die Körpergröße wird durch eine in der Waage integrierte, geeichte Teleskopmesslatte (Seca Vogel & Halke GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland) auf 0,5 cm genau bestimmt. Gemessen wird ohne Schuhe und in aufrechter Haltung. Aus den ermittelten Werten des Körpergewichts und der Körpergröße wird der Body-Mass-Index (BMI) errechnet. Er ergibt sich wie folgt aus dem Verhältnis der quadrierten Körpergröße zum Körpergewicht:

$$\text{Body-Mass-Index (kg/m}^2\text{)} = \text{Körpergewicht (kg)} / \text{Körpergröße (m)}^2$$

### **2.2.2 Oberarm-, Taillen-, Hüftumfang und Waist-Hip-Ratio**

Um die Körperumfänge zu messen, wird ein Maßband mit einem Messbereich von 0 – 150 cm der Firma Prym eingesetzt. Die Messung des Hüft- und Taillenumfangs erfolgt auf 1,0 cm, die des Oberarmumfangs auf 0,5 cm genau. Die Studienteilnehmer sind für die Messung weitgehend entkleidet und in aufrechter Haltung.

Die Bestimmung des Oberarmumfangs erfolgt in der Mitte zwischen Acromionfortsatz der Schulter und Olecranonfortsatz des Ellenbogens. Um den Taillenumfang zu messen, wird die schmalste Stelle zwischen dem untersten Rippenbogen und der Oberkante des Beckenknochens herangezogen. Die Ermittlung des Hüftumfangs erfolgt auf der Höhe des Trochanter majors. Aus dem Verhältnis Taillenumfang zu Hüftumfang kann die Waist-Hip-Ratio (WHR) berechnet werden:

$$\text{Waist-Hip-Ratio} = \text{Taillenumfang (cm)} / \text{Hüftumfang (cm)}$$

## **2.3 Bioelektrische Impedanzanalyse**

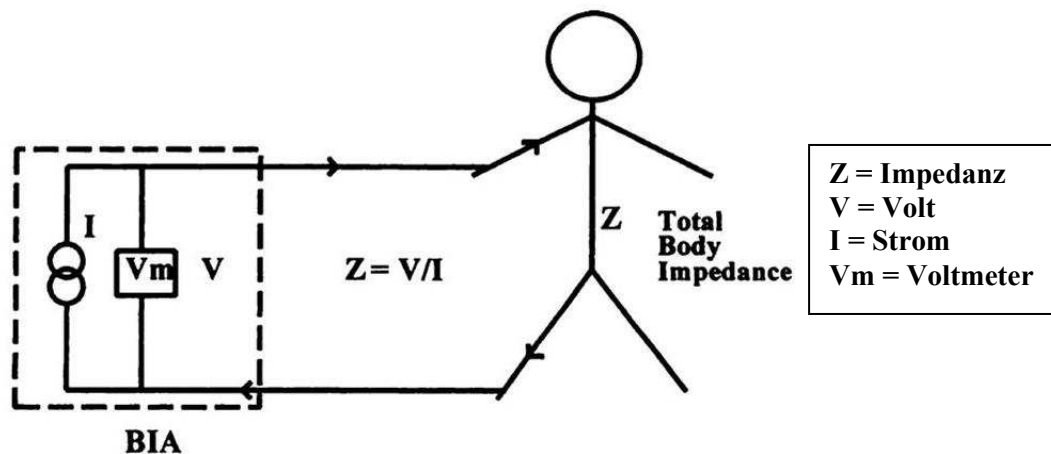
Es werden FFM, Fettmasse und GKW mittels bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) erfasst. In der Literatur bevorzugen diverse Autoren den Begriff FFM (Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b) für die fettfreie Masse, andere hingegen verwenden den Begriff LBM (lean body mass = Magermasse) (Porch et al. 1997, Garthe et al. 2011) für die fettfreie Masse. In Anlehnung an Forbes 2003 können diese beiden Begriffe als gleichbedeutend betrachtet und daher untereinander ausgetauscht werden. Dennoch gibt es chemisch betrachtet einen Unterschied zwischen der FFM und der LBM. Die LBM enthält im Gegensatz zur FFM geringe Anteile an essenziellem Fett (2,0-3,0 %), das in Zellmembranen lokalisiert ist (Going et al. 1995). In der vorliegenden Arbeit wird durchgängig der Begriff FFM verwendet.

### **2.3.1 Messprinzip und Durchführung**

Die Messung der FFM, der Fettmasse und des GKW erfolgt mit Hilfe des BIA Gerätes Body Composition Analysers Akern – RJL BIA 101 / S der Firma Data Input (Frankfurt / Main) in einem Messintervall von 1  $\Omega$  bei einer konstanten Stromstärke von 800  $\mu$ A und einer Frequenz von 50 kHz.

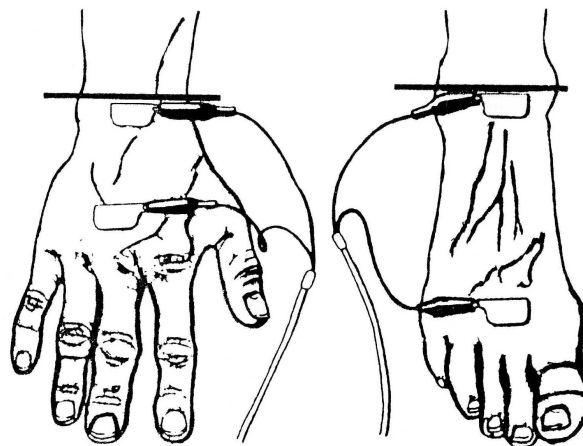
Das Prinzip der BIA beruht auf der Messung des elektrischen Widerstandes (Impedanz), den ein Körper dem elektrischen Strom entgegensetzt. Dabei wird der elektrische Strom nach Anlegen einer Spannung durch die im menschlichen Körperwasser gelösten Elektrolyte geleitet. Die Fettmasse setzt dem Strom einen hohen Widerstand entgegen. Die FFM hat aufgrund des hohen Wasseranteils einen deutlich geringeren Widerstand und daher wird der Strom durch die FFM sehr gut geleitet. Da die Impedanz umgekehrt proportional zum GKW ist, lässt sich diese unter Berücksichtigung der Körpergröße als Maß für die Länge des elektrischen Leiters bestimmen. Aus dem GKW wird unter Annahme eines bestimmten Hydrierungsgrades (73,2 %) die FFM berechnet (Hoffer et al. 1969, Lukaski et al. 1985, Kushner und Schoeller 1986, Baumgartner et al. 1990, Chumlea und Baumgartner 1990, Kushner 1992, Lukaski 1996, Kyle et al. 2004a). Die Impedanz setzt sich als komplexer elektrischer Widerstand aus der Resistanz (Maß für den Gesamtwiderstand oder Ohm'schen Widerstand) und der Reaktanz (Maß für den

kapazitiven Widerstand) zusammen. Die Resistanz wird durch zelluläre Bestandteile wie Fettmasse und Knochen verursacht. Die Reaktanz wird durch den kapazitiven Effekt der Zellmembranen und der Gewebeszwischenräume verursacht (Baumgartner et al. 1988, Chumlea und Baumgartner 1990, Kushner 1992, Lukaski 1996). Abb. 2.1 zeigt die schematische Beschreibung der BIA-Messung.



**Abb. 2.1:** Schematische Darstellung des Messprinzips der bioelektrischen Impedanzanalyse (nach Oldham 1996)

Für die Untersuchung lagen die Probanden flach und entspannt in Rückenlage auf einer Liege und hatten Arme und Beine leicht vom Körper abgespreizt. Für die Messung wurden vier selbstklebende Einmalelektroden der Firma Data Input auf der rechten Körperseite an Hand- und Fußrücken platziert (s. Abb. 2.2). Kurz nach dem Anlegen der Spannung wurden Resistanz und Reaktanz am Gerät abgelesen. Die Beschreibung der Messung ist ausführlich im Handbuch zu finden (Data Input o.J.).



**Abb. 2.2:** Elektrodenplatzierung an Hand und Fuß (nach van Loan 1990)



### **2.3.2 Berechnung der fettfreien Masse und des Gesamtkörperwassers**

Zur Berechnung der FFM und des GKW aus den Messergebnissen der BIA wurden Formeln aus der Literatur ausgewählt, die bestimmte Kriterien erfüllen sollten. Zur Validierung der Formeln sollte ein gesundes Kollektiv mit mindestens 50 Probanden aus Frauen und Männern dienen, die dem Alter des GISELA-Kollektivs entsprechen. Des Weiteren sollten die anthropometrischen Daten des Validierungskollektivs mit dem GISELA-Kollektiv vergleichbar sein, idealerweise wurde die Messung der BIA an der gleichen Körperseite und mit dem gleichen BIA-Gerät durchgeführt. Ausführliche Informationen bezüglich der Auswahlkriterien sind in der Arbeit von Herbert 2000 beschrieben.

In bisher veröffentlichten Arbeiten zur GISELA-Studie wurden die Formel von Deurenberg et al. 1991 zur Berechnung der FFM und die Formel von Lukaski und Bolonchuk 1988 für das GKW aus den gemessenen Werten der BIA eingesetzt. Deurenberg et al. 1991 setzten als Referenzmethode die Hydrodensitometrie ein und Lukaski und Bolonchuk 1988 verwendeten die Isotopendilution. In beiden Formeln ist neben weiteren Variablen das Alter enthalten.

In der vorliegenden Arbeit soll eine andere Formel zur Berechnung der FFM verwendet werden: Die Formel von Roubenoff et al. 1997.

Berechnung der FFM nach Roubenoff et al. 1997:

$$\text{FFM} = 5,7410 + 0,4551 * \text{KH}^2 / \text{R} + 0,1405 * \text{KG} + 0,0573 * \text{Xc} + 6,2467 * \text{S}$$

FFM = fettfreie Masse (kg)

KH = Körpergröße (cm)

R = Resistanz ( $\Omega$ )

KG = Körpergewicht (kg)

Xc = Reaktanz ( $\Omega$ )

S = Geschlecht (0 = Frauen, 1 = Männer).

Die Fettmasse wird durch Subtraktion der FFM vom Körpergewicht berechnet.

$$\text{Fettmasse} = \text{KG} - \text{FFM}$$

KG = Körpergewicht

FFM = Fettfreie Masse

Die Formel von Roubenoff et al. 1997 erfüllt die bereits erwähnten Kriterien. Zusätzlich sollte zur Validierung die Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DEXA) als Referenzmethode eingesetzt und weiterhin das Alter nicht als Variable in der Formel berücksichtigt werden. Da die DEXA eine zunehmend größer werdende Bedeutung für die Messung der Körperzusammensetzung spielt (Rolland et al. 2008), wurde die DEXA als Referenzmethode zur Validierung von BIA-Formeln anerkannt (Pietrobelli et al. 1998).

Anhand eines Rechenbeispiels soll verdeutlicht werden, warum die Variable Alter nicht in der Formel enthalten sein soll, damit die tatsächliche Veränderung aufgrund des Alters herausgearbeitet werden kann (s. Tab. 2.10).

**Tab. 2.10: Berechnung der fettfreien Masse anhand der Formeln von Deurenberg et al. 1991 und Roubenoff et al. 1997 am Beispiel von zwei verschiedenen Altersangaben**

|  |   |
|--|---|
| <b>Proband:</b><br>Körpergewicht (KG) = 90 kg, Körpergröße (KH) = 175 cm, Geschlecht (S = 1) = männlich, Resistanz (R) = 470 Ω, Reaktanz (Xc) = 50 Ω, Alter (A) = 60 Jahre (Beispiel 1) und 70 Jahre (Beispiel 2)            |   |
| <b>Deurenberg et al. 1991:</b><br>$FFM = 0,340 * (KH^2/R) + (KH/102) + (0,273*KG) - (0,127*A) + (4,56*S) - 12,44$ Beispiel 1) Alter: 60 Jahre<br>FFM (kg) = 58,1 kg<br><br>Beispiel 2) Alter: 70 Jahre<br>FFM (kg) = 56,8 kg | <b>Roubenoff et al. 1997:</b><br>$FFM = 5,7410 + (0,4551 * (KH^2/R)) + (0,1405*KG) + (0,0573*Xc) + (6,2467*S)$ Beispiel 1) Alter: 60 Jahre<br>FFM (kg) = 57,2 kg<br><br>Beispiel 2) Alter: 70 Jahre<br>FFM (kg) = 57,2 kg |

Die Formel nach Deurenberg et al. 1991 zeigt unterschiedliche Ergebnisse für die Berechnungen aufgrund des Altersunterschieds. Für die Anwendung in einer Querschnittsstudie erscheint das Ergebnis vor dem Hintergrund sinnvoll, dass es sich bei den beiden Vergleichsberechnungen um unterschiedliche Personen handelt. Eine Altersvariable hilft hier, eine Annäherung an den Verlauf über das Altern zu berechnen. In einer Langzeitstudie, wie der hier vorliegenden Untersuchung, wird jedoch dieselbe Person sowohl mit 60 Jahren als auch mit 70 Jahren gemessen und der tatsächliche Verlauf über das Alter ermittelt.

Um das GKW zu berechnen soll die Formel von Visser et al. 1995, die ebenfalls das Alter nicht als Variable enthält, verwendet werden.

Berechnung des GKW nach Visser et al. 1995:

$$\text{GKW (Frauen)} = 11,9 + 0,2715 * KH^2 / R + 0,1087 * KG$$

$$\text{GKW (Männer)} = 8,3 + 0,3228 * KH^2 / R + 0,1652 * KG$$

GKW = Gesamtkörperwasser (L)

KH = Körpergröße (cm)

KG = Körpergewicht (kg)

R = Resistanz ( $\Omega$ )

### 2.3.3 Präzision der BIA

Um die Präzision der BIA-Messung zu berechnen, werden sieben von der GISELA-Kohorte unabhängige Probanden im Alter von 22-35 Jahren untersucht. Die anthropometrischen Daten sowie das Alter des Untersuchungskollektivs sind in Tab. 2.11 beschrieben.

**Tab. 2.11: Alter und anthropometrische Daten des Untersuchungskollektivs (n = 7) bezüglich der Präzision der BIA-Messung (MW  $\pm$  SD)**

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Alter (J)                | 26,3 $\pm$ 4,7  |
| Körpergröße (cm)         | 171,2 $\pm$ 7,3 |
| Körpergewicht (kg)       | 62,7 $\pm$ 7,5  |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 21,4 $\pm$ 7,8  |

Die Resistanz und Reaktanz wurde von jeder der sieben Personen jeweils 20mal hintereinander am gleichen Tag bestimmt, wobei bei jeder Testperson die Elektroden für jede Messung nach 10 Minuten neu auf die Haut platziert wurden. Die Resistanz der Probanden reicht von 498,8  $\Omega$  bis 710,7  $\Omega$  (s. Tab. 2.12). Die Reaktanz liegt zwischen 54,2  $\Omega$  und 76,7  $\Omega$ .

**Tab. 2.12: Resistanz und Reaktanz der Probanden (n = 7) bezüglich der Präzision der BIA-Messung (MW  $\pm$  SD)**

|           | Resistanz ( $\Omega$ ) | Reaktanz ( $\Omega$ ) |
|-----------|------------------------|-----------------------|
| Proband 1 | 710,7 $\pm$ 11,4       | 76,3 $\pm$ 1,9        |
| Proband 2 | 575,4 $\pm$ 5,8        | 65,0 $\pm$ 1,5        |
| Proband 3 | 554,2 $\pm$ 6,3        | 76,7 $\pm$ 0,7        |
| Proband 4 | 498,8 $\pm$ 3,1        | 54,2 $\pm$ 0,5        |
| Proband 5 | 638,0 $\pm$ 5,2        | 61,7 $\pm$ 1,4        |
| Proband 6 | 605,8 $\pm$ 6,8        | 61,0 $\pm$ 0,9        |
| Proband 7 | 628,7 $\pm$ 5,1        | 62,0 $\pm$ 0,7        |

Der Variationskoeffizient (CV = coefficient of variation) wurde für jeden der sieben Probanden ermittelt. Die CVs bewegen sich für die Resistanz zwischen 0,6 % und 1,6 %, für die Reaktanz liegen sie zwischen 0,9 % und 2,5 % (s. Tab. 2.13). Der Mittelwert der CVs beträgt für die Resistanz 1,0 % und für die Reaktanz 1,6 %.

**Tab. 2.13: Variationskoeffizienten (%) der Probanden (n = 7) für die Resistanz und die Reaktanz**

|             | CV (Resistanz) (%) | CV (Reaktanz) (%) |
|-------------|--------------------|-------------------|
| Proband 1   | 1,6                | 2,5               |
| Proband 2   | 1,0                | 2,3               |
| Proband 3   | 1,1                | 0,9               |
| Proband 4   | 0,6                | 0,9               |
| Proband 5   | 0,8                | 2,2               |
| Proband 6   | 1,1                | 1,5               |
| Proband 7   | 0,8                | 1,1               |
| MW $\pm$ SD | 1,0 $\pm$ 0,32     | 1,6 $\pm$ 0,69    |

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, CV = Variationskoeffizient

Vergleichszahlen aus der Literatur (Lukaski et al. 1985 & 1986, Kushner und Schoeller 1986, Elsen et al. 1987, Van Loan und Mayclin 1987, Deurenberg et al. 1988, Pirlich et al. 2000) zeigen (s. Anhang Tab. A1), dass eine präzise Bestimmung der Resistanz mittels des verwendeten BIA-Gerätes in der GISELA-Studie möglich ist.

## **2.4           Aktivitäts- und Gesamtenergieumsatz sowie körperlicher Aktivitätsindex**

Das Aktivitätsverhalten der Probanden wurde mittels eines Fragebogens (Lührmann 1999, Herbert 2000) erfasst und der Ruheenergieumsatz wurde über die indirekte Kalorimetrie mittels eines Deltatrec<sup>TM</sup>-Gerätes gemessen. Eine ausführliche Beschreibung der indirekten Kalorimetrie ist in der Arbeit von Lührmann 1999 beschrieben. Berufstätige Senioren wurden nach der wöchentlichen Arbeitszeit in Stunden und nach der Schwere der körperlichen Aktivität ihrer Arbeit befragt. Des Weiteren wurden die Senioren gebeten anzugeben, wie viele Stunden sie durchschnittlich pro Woche mit Haus- und Gartenarbeit sowie mit Spazieren gehen oder verschiedenen sportlichen Aktivitäten wie z. B. Rad fahren, Schwimmen usw. verbringen. Zudem wurden die Probanden zu ihrer Schlafdauer befragt. Für die Berechnung des Energieverbrauchs der Senioren während des Schlafens wurde die Schlafdauer auf acht Stunden täglich geschätzt. In Anlehnung an die WHO 1985 wurde angenommen, dass berufstätige Studienteilnehmer eine Stunde und Nicht-berufstätige zwei Stunden pro Tag mit gesellschaftlichen Tätigkeiten wie z. B. Kino- und Theaterbesuche, gesellige Treffen, Vereinstreffen oder Arztbesuchen verbringen. Die restliche Zeit, von der nicht bekannt ist welche Aktivitäten die Probanden ausübten, wurde aus der Differenz von 24 Stunden und den Zeiten der vorher genannten Aktivitäten ermittelt.

Die Berechnung des Aktivitätsumsatzes erfolgte in Anlehnung an die WHO 1985 unter Verwendung von Multiplikatoren für den Ruheenergieumsatz (s. Tab. 2.14). Diese Multiplikatoren für den Ruheenergieumsatz berücksichtigen den Energieumsatz für geringfügige Bewegungen, die Aufrechterhaltung des Muskeltonus sowie den thermischen Effekt der Nahrung.

**Tab. 2.14: Multiplikatoren für den Ruheenergieumsatz für verschiedene körperliche Aktivitäten (nach WHO 1985)**

| Aktivität  | Frauen | Männer |
|--|--------|--------|
| <b>Berufstätigkeit</b>   |        |        |
| Leicht: z. B. Büroangestellter, PKW- Fahrer,<br>Feinmechaniker             | 1,7    | 1,7    |
| Mittelschwer: z. B. Verkäufer, Autoschlosser,<br>Anstreicher               | 2,2    | 2,7    |
| Schwer: z. B. Landwirt, Maurer, Waldarbeiter,<br>Zimmermann, Stahlarbeiter | 2,8    | 3,8    |
| <b>Hausarbeit, Gartenarbeit</b>  | 2,7    | 2,7    |
| <b>Spazieren gehen</b>   | 3,0    | 2,8    |
| <b>Sportliche Aktivitäten</b>  |        |        |
| Leicht: Fahrradfahren, Kegeln/Bowlen,<br>Gymnastik/Yoga                    | 3,2    | 3,3    |
| Mittelschwer: Fitnesstraining, Wandern,<br>Tanzen, Schwimmen, Tennis       | 5,3    | 5,5    |
| Schwer: Joggen/Leichtathletik, Rudern,<br>Fußball/Handball, Body Building  | 6,3    | 6,6    |
| <b>Gesellschaftliche Aktivitäten</b>                                       | 3,3    | 3,3    |
| <b>Schlafen</b>  | 1,0    | 1,0    |
| <b>Restzeit</b>  | 1,4    | 1,4    |

Aus den Angaben im Fragebogen wurde berechnet, wie viele Minuten die Senioren täglich mit den protokollierten Aktivitäten verbringen. Dazu erfolgte zunächst die Umrechnung der Zeitangaben von Stunden pro Woche bzw. Tag auf Minuten pro Tag. Anschließend wurde diese Zeit mit dem Ruheenergieumsatz (kJ/min) und dem für jede Aktivität entsprechenden Multiplikator für den Ruheenergieumsatz multipliziert, wodurch der Energieverbrauch für die ausgeübte Aktivität ermittelt werden konnte. Der tägliche Gesamtenergieumsatz wurde durch Addition des jeweiligen Energieverbrauchs der einzelnen Aktivitäten sowie des Energieverbrauchs aus gesellschaftlichen Aktivitäten, der restlichen Zeit des Tages und des Schlafs errechnet. Der Aktivitätumsatz ergab sich aus der Differenz zwischen dem ermittelten Gesamtenergieumsatz und dem Ruheenergieumsatz. Der Quotient aus Gesamtenergieumsatz und Ruheenergieumsatz ergibt den körperlichen Aktivitätsindex (PAI = physical activity index), der als Maßzahl für die körperliche Aktivität gilt (Goldberg et al. 1991):

$$\text{PAI} = \text{Gesamtenergieumsatz} / \text{Ruheenergieumsatz}$$

## 2.5 Statistische Kennzahlen und Testverfahren

Die Auswertungen der Daten wurden mit Hilfe der Statistikprogramme Statistical Analysis System (SAS) Version 8.02 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA) sowie mit SPSS (Version 12.0) durchgeführt. Im Folgenden werden alle in der vorliegenden Arbeit verwendeten statistischen Kennzahlen und Testverfahren kurz dargestellt.

In der vorliegenden Arbeit werden longitudinale Daten der GISELA-Studie untersucht. Longitudinale Daten sind Daten, bei denen die gleichen Parameter an denselben Probanden mehrfach in zeitlicher Abfolge erhoben werden (Lehert und Dennerstein 2002). In Bezug auf die GISELA-Studie wurden die Parameter in jährlichen bzw. in zweijährlichen Abständen erhoben.

Für die Untersuchung wurden, wie bereits erwähnt, zwei Kollektive aus der GISELA-Grundgesamtheit ausgewählt, die als Gesamt- und als Teilkollektiv bezeichnet werden. Die Datenanalyse erfolgte für das Gesamt- und das Teilkollektiv in gleicher Weise.



Als Lageparameter wird der Mittelwert aufgeführt, zur Charakterisierung der Verteilung wird die Standardabweichung berechnet sowie teilweise das Minimum und das Maximum dargestellt. Mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben wird überprüft, ob es im Mittel signifikante Unterschiede in den Basisdaten zwischen den weiblichen und zwischen den männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs sowie zwischen den weiblichen Altersgruppen des Teilkollektivs gibt (Köhler et al. 2007, S 90). Da im Teilkollektiv die Gruppe der älteren Männer aus nur einem Proband besteht, kann eine Analyse der Daten nur mit den jüngeren männlichen Probanden des Teilkollektivs durchgeführt werden.

Die Residuen der einzelnen Parameter, sowohl des Gesamtkollektivs als auch des Teilkollektivs, wurden getrennt nach Geschlecht durch visuelle Analyse mittels Streudiagramm im Vergleich zur Normalverteilungskurve sowie mittels Q-Q-Plots auf Normalverteilung geprüft. Hierbei erfolgte für die Residuen der Parameter Körpergröße und Oberarmumfang eine zusätzliche Trennung nach Altersgruppen. Bei allen Parametern konnte eine Normalverteilung festgestellt werden.

Mit Hilfe des Analyseverfahrens „lineare gemischte Modelle (mixed models) mit Messwiederholung“, welches in SAS als PROC MIXED bezeichnet wird (SAS Institute Inc., 2004), werden die Langzeitdaten des Gesamt- und des Teilkollektivs getrennt für Frauen und Männer ausgewertet. PROC MIXED ist eine Zusammenfassung von Regressionsansätzen, indem feste („fixed“) und zufällige („random“) Effekte kombiniert werden (Littell et al. 2006, S 6). Im Gegensatz zu konventionellen linearen Modellen erfordert PROC MIXED keine gleiche Anzahl von Messwiederholungen der einzelnen Probanden. Aus diesem Grund ist es möglich, alle verfügbaren Daten der GISELA-Senioren in die Analyse aufzunehmen anstelle Probanden mit fehlenden Daten auszuschließen (Littell et al. 1998).

Das PROC MIXED Verfahren wird in der vorliegenden Untersuchung mit dem Ziel eingesetzt, den Einfluss des Alterns auf Parameter der Anthropometrie (Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Taillen- Hüft-, Oberarmumfang und WHR) sowie der Körperzusammensetzung (FFM (kg, %), Fettmasse (kg, %) und GKW (kg, %)) zu analysieren. Darüber hinaus soll geprüft werden, inwieweit zwei unterschiedliche Altersabschnitte (Altersgruppen: 60-69 Jahre, > 69 Jahre) sowie der PAI auf mögliche Veränderungen dieser Parameter Einfluss nehmen. Bestehende Unterschiede im Verlauf

des Alterns zwischen den Altersgruppen können anhand der Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppe analysiert werden. Mit Hilfe der Wechselwirkung zwischen Alter\*PAI wird untersucht, inwieweit die Aktivität einen Einfluss auf mögliche Veränderungen der oben genannten Parameter hat. In diesen Modellen werden Alter, Altersgruppe und PAI als fixe Effekte und die Probanden über die Probandennummer als zufälliger Effekt betrachtet.

Für die Analyse der Parameter und der Wechselwirkungen werden zwei unterschiedliche Modelle in SAS formuliert:

**Modell 1:** Alter, Altersgruppen und Wechselwirkung zwischen Alter und Altersgruppe.

**Modell 2:** Alter, Altersgruppen, PAI und Wechselwirkung zwischen Alter und Altersgruppe sowie Wechselwirkung zwischen Alter und PAI.

Für jede abhängige Variable wird ein eigenes Berechnungsschema (Editor) in SAS formuliert. Im Folgenden soll beispielhaft anhand der absoluten FFM ein PROC MIXED Editor formuliert werden:

```
Title Variable FFM [kg];  
proc mixed data = intreatp method = ml scoring;  
class nummer altgr;  
model ffmbr = alter altgr altgr*alter / s;  
repeated / type = ar(1) sub = nummer r;  
run;
```

Analysiert wird in dem obigen Beispiel, im MODEL-Statement aufgeführt, die abhängige Variable FFM („ffmbr“) und der Einfluss der Faktoren Alter („alter“; fixer Effekt) und Altersgruppe („altgr“; fixer Effekt) auf diese Variable. Mit Hilfe der Wechselwirkung zwischen Alter und Altersgruppe („altgr\*alter“) kann analysiert werden, ob es unterschiedliche Verläufe zwischen jüngeren und älteren Senioren bezüglich der absoluten FFM mit zunehmendem Alter gibt. Die Probandennummer („nummer“) und die Altersgruppen („altgr“; 60-69 Jahre und > 69 Jahre) werden in diesem Berechnungsschema im „CLASS-Statement“ als Klassifikationsvariablen (Faktoren) betrachtet. Mit der Option subject („sub“) = nummer im REPEATED-Statement wird angegeben, dass die Variable

Probandennummer („nummer“) die Versuchseinheit definiert und darüber hinaus die fehlenden Daten der Probanden berücksichtigt (Littell et al. 2006, S 166). Um die Abhängigkeit der wiederholt gemessenen Daten zu berücksichtigen, werden zur Parameterschätzung die Maximum Likelihood - Methode („method = ml“) und als Kovarianzstruktur die autoregressive Struktur erster Ordnung eingesetzt („type = ar (1)“) (Littell et al. 2000).

Die Regressionsgleichung, die in den PROC MIXED-Modellen die Berechnungsgrundlage für die beschriebenen Veränderungen ist, lautet folgendermaßen (Bender et al. 2007):

$$y = \alpha + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 \dots + \beta_p * x_p$$

- y = abhängige Variable (Parameter der Körperzusammensetzung und der Anthropometrie)
- $\alpha$  = Intercept, Y-Achsenabschnitt der Altersgruppe > 69 Jahre
- $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre
- $x_1$  = Alter
- $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsen Schnittpunktes von der Altersgruppe > 69 Jahre zu der Altersgruppe 60-69 Jahre (d. h. die Differenz der Achsen Schnittpunkte)
- $x_2$  = Altersgruppe (Altersgruppe 60-69 Jahre entspricht  $x_2 = 1$ ; Altersgruppe > 69 Jahre entspricht  $x_2 = 0$ )
- $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre ( $\beta_3 + \beta_1$  ist die Steigung der Altersgruppe 60-69 Jahre)
- $x_3$  = Wechselwirkung (Alter\*Altersgruppe)

Für das Modell 2 wird um den PAI erweitert und zwei weitere Parameterschätzer ( $\beta_4$  und  $\beta_5$ ) werden dem Modell hinzugefügt:

- $\beta_4$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten)
- $x_4$  = Aktivitätsniveau (PAI)
- $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten)
- $x_5$  = Wechselwirkung (Alter\* PAI)

In den PROC MIXED Ergebnistabellen wird neben dem Wert für den Regressionskoeffizienten  $\beta$  der Standardfehler (SE) angegeben. Der SE (mittlerer Fehler) gibt an, wie groß die Streuung des Mittelwertes um den wahren Mittelwert der Grundgesamtheit ist (Köhler et al. 2007, S 35).

In den PROC MIXED Ergebnistabellen zur Körperzusammensetzung (s. Kap. 3.3: Tab. 3.17, 3.18, 3.19 und 3.20) werden die prozentuale FFM und die prozentuale Fettmasse aufgeführt. Da die prozentuale Fettmasse sich reziprok zur prozentualen FFM verhält, wird jedoch darauf verzichtet, die Veränderung der prozentualen Fettmasse nochmals im Text zu beschreiben. Signifikante Ergebnisse sind in den Tabellen im Ergebnisteil (Kap. 3) fett gedruckt.

Für alle verwendeten statistischen Testverfahren gilt, dass im Fall einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  die Nullhypothese verworfen wird.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Probanden

##### 3.1.1 Charakterisierung des Gesamtkollektivs anhand der Basisdaten

###### *Alter des Gesamtkollektivs*

Die Frauen und Männer des Gesamtkollektivs waren zum Zeitpunkt der Basiserhebung zwischen 60,0 und 85,0 Jahre alt (s. Tab. 3.1). Die jüngeren Frauen waren im Mittel 64,1 Jahre und die jüngeren Männer 64,5 Jahre alt. Die älteren Frauen hatten ein durchschnittliches Alter von 74,2 Jahren und die älteren Männer von 74,4 Jahren.

**Tab. 3.1:** Alter der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD, [Min-Max])

|           |   | 60-69 Jahre<br>(n = 195 F, 101 M) | > 69 Jahre<br>(n = 92 F, 30 M) | Gesamt<br>(n = 287 F, 131 M)  |
|-----------|---|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Alter (J) | F | 64,1 $\pm$ 3,0<br>[60,0-69,0]     | 74,2 $\pm$ 3,8<br>[70,0-85,0]  | 67,3 $\pm$ 5,7<br>[60,0-85,0] |
|           | M | 64,5 $\pm$ 2,7<br>[60,0-69,0]     | 74,4 $\pm$ 4,2<br>[70,0-85,0]  | 66,8 $\pm$ 5,2<br>[60,0-85,0] |

F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

###### *Anthropometrische Parameter des Gesamtkollektivs*

In Tab. 3.2 sind die Basisdaten der anthropometrischen Parameter der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen dargestellt. Die jüngeren Frauen weisen im Vergleich zu den älteren Frauen signifikant höhere Messwerte bezüglich Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Oberarm- und Hüftumfang auf.

Zwischen den männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs können für keinen der anthropometrischen Parameter signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt der Basiserhebung beobachtet werden.

**Tab. 3.2: Anthropometrische Parameter der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                             |   | 60-69 Jahre<br>(n = 195 F, 101 M) | > 69 Jahre<br>(n = 92 F, 30 M) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 287 F, 131 M) |
|-----------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| Körpergröße<br>(cm)         | F | 161,3 $\pm$ 5,9                   | 159,9 $\pm$ 5,2                | <b>0,044</b>   | 160,9 $\pm$ 5,7              |
|                             | M | 173,3 $\pm$ 6,6                   | 171,8 $\pm$ 6,8                | 0,286          | 172,9 $\pm$ 6,7              |
| Körpergewicht<br>(kg)       | F | 70,8 $\pm$ 12,3                   | 65,9 $\pm$ 9,7                 | <b>0,001</b>   | 69,2 $\pm$ 11,8              |
|                             | M | 79,1 $\pm$ 11,0                   | 77,2 $\pm$ 8,1                 | 0,395          | 78,6 $\pm$ 10,4              |
| BMI<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | F | 27,2 $\pm$ 4,5                    | 25,7 $\pm$ 3,3                 | <b>0,006</b>   | 26,7 $\pm$ 4,2               |
|                             | M | 26,3 $\pm$ 3,5                    | 26,2 $\pm$ 2,7                 | 0,831          | 26,3 $\pm$ 3,3               |
| Oberarmumfang<br>(cm)       | F | 29,6 $\pm$ 3,2                    | 28,6 $\pm$ 2,5                 | <b>0,006</b>   | 29,3 $\pm$ 3,0               |
|                             | M | 29,9 $\pm$ 2,4                    | 29,2 $\pm$ 1,9                 | 0,177          | 29,7 $\pm$ 2,3               |
| Taillenumfang<br>(cm)       | F | 87,3 $\pm$ 10,8                   | 85,9 $\pm$ 8,4                 | 0,268          | 86,9 $\pm$ 10,1              |
|                             | M | 96,2 $\pm$ 9,5                    | 97,0 $\pm$ 6,9                 | 0,670          | 96,4 $\pm$ 8,9               |
| Hüftumfang<br>(cm)          | F | 104,3 $\pm$ 9,6                   | 101,9 $\pm$ 8,6                | <b>0,043</b>   | 103,6 $\pm$ 9,3              |
|                             | M | 101,9 $\pm$ 7,6                   | 101,8 $\pm$ 5,5                | 0,931          | 101,9 $\pm$ 7,2              |
| WHR                         | F | 0,84 $\pm$ 0,04                   | 0,84 $\pm$ 0,04                | 0,204          | 0,84 $\pm$ 0,04              |
|                             | M | 0,94 $\pm$ 0,05                   | 0,95 $\pm$ 0,04                | 0,315          | 0,95 $\pm$ 0,05              |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben; F = Frauen, M = Männer, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip- Ratio, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

### ***Körperzusammensetzung des Gesamtkollektivs***

Anhand der BIA-Messung können Resistanz und Reaktanz ermittelt werden. Im Gesamtkollektiv unterscheidet sich die Resistanz weder zwischen den Altersgruppen der Frauen noch der Männer signifikant (s. Tab. 3.3). Für die Reaktanz kann ein signifikanter Unterschied sowohl zwischen den jüngeren und älteren Frauen als auch den jüngeren und älteren Männern aufgezeigt werden.

**Tab. 3.3: Resistanz und Reaktanz der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                           |   | 60-69 Jahre<br>(n = 195 F, 101 M) | > 69 Jahre<br>(n = 92 F, 30 M) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 287 F, 131 M) |
|---------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| Resistenz<br>( $\Omega$ ) | F | 565,2 $\pm$ 64,5                  | 566,5 $\pm$ 52,4               | 0,863          | 565,6 $\pm$ 60,8             |
|                           | M | 475,5 $\pm$ 51,5                  | 475,4 $\pm$ 42,3               | 0,987          | 475,5 $\pm$ 49,4             |
| Reaktanz<br>( $\Omega$ )  | F | 58,3 $\pm$ 9,1                    | 53,5 $\pm$ 7,5                 | <b>0,000</b>   | 56,7 $\pm$ 8,9               |
|                           | M | 52,8 $\pm$ 7,1                    | 47,8 $\pm$ 7,2                 | <b>0,001</b>   | 51,6 $\pm$ 7,4               |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben; F = Frauen, M = Männer, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

Die Basisdaten zur Körperzusammensetzung für das Gesamtkollektiv, getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen, sind in Tab. 3.4 dargestellt. Die jüngeren Frauen weisen im Vergleich zu den älteren Frauen signifikant höhere Werte bezüglich der absoluten FFM, der absoluten und prozentualen Fettmasse sowie des absoluten GKW auf. Hingegen können für die prozentuale FFM und das prozentuale GKW signifikant höhere Werte für die Älteren im Vergleich zu der jüngeren Gruppe der Frauen beobachtet werden. Zwischen den Altersgruppen der Männer kann für keinen der Parameter der Körperzusammensetzung zum Zeitpunkt der Basiserhebung ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden.

**Tab. 3.4: Körperzusammensetzung der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                     |   | 60-69 Jahre<br>(n = 195 F, 101 M) | > 69 Jahre<br>(n = 92 F, 30 M) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 287 F, 131 M) |
|---------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------------|------------------------------|
| FFM<br>(kg)         | F | 40,3 $\pm$ 4,2                    | 38,8 $\pm$ 3,0                 | <b>0,002</b>   | 39,8 $\pm$ 3,9               |
|                     | M | 55,2 $\pm$ 4,8                    | 54,1 $\pm$ 4,2                 | 0,248          | 55,0 $\pm$ 4,7               |
| FFM<br>(% KG)       | F | 57,7 $\pm$ 5,3                    | 59,6 $\pm$ 5,2                 | <b>0,005</b>   | 58,3 $\pm$ 5,3               |
|                     | M | 70,4 $\pm$ 5,5                    | 70,3 $\pm$ 4,3                 | 0,925          | 70,4 $\pm$ 5,2               |
| Fettmasse<br>(kg)   | F | 30,5 $\pm$ 8,8                    | 27,1 $\pm$ 7,2                 | <b>0,001</b>   | 29,4 $\pm$ 8,5               |
|                     | M | 23,9 $\pm$ 7,4                    | 23,1 $\pm$ 5,4                 | 0,618          | 23,7 $\pm$ 7,0               |
| Fettmasse<br>(% KG) | F | 42,3 $\pm$ 5,3                    | 40,4 $\pm$ 5,2                 | <b>0,005</b>   | 41,7 $\pm$ 5,3               |
|                     | M | 29,6 $\pm$ 5,5                    | 29,7 $\pm$ 4,3                 | 0,925          | 29,6 $\pm$ 5,2               |
| GKW<br>(L)          | F | 32,3 $\pm$ 2,9                    | 31,4 $\pm$ 2,2                 | <b>0,012</b>   | 32,0 $\pm$ 2,7               |
|                     | M | 42,0 $\pm$ 4,1                    | 41,3 $\pm$ 3,5                 | 0,391          | 41,8 $\pm$ 4,0               |
| GKW<br>(% KG)       | F | 46,3 $\pm$ 4,4                    | 48,3 $\pm$ 4,5                 | <b>0,000</b>   | 46,9 $\pm$ 4,5               |
|                     | M | 53,5 $\pm$ 3,6                    | 53,6 $\pm$ 2,9                 | 0,834          | 53,5 $\pm$ 3,4               |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben; F = Frauen, M = Männer, KG = Körpergewicht, FFM = Fettfreie Masse, GKW = Gesamtkörperwasser, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

### ***Körperliche Aktivität des Gesamtkollektivs***

In Tab. 3.5 ist dargestellt, wie viel Zeit (min/d) die Senioren des Gesamtkollektivs mit verschiedenen körperlichen Aktivitäten im Basisjahr verbrachten. Mit Ausnahme der schweren sportlichen Aktivitäten konnten keine signifikanten Unterschiede sowohl zwischen den weiblichen als auch den männlichen Altersgruppen beobachtet werden.



**Tab. 3.5: Zeitverbrauch der Probanden des Gesamtkollektivs für verschiedene körperliche Aktivitäten (min/d) getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD, [Min-Max])**

| Körperliche Aktivitäten (min/d)      |   | 60-69 Jahre<br>(n = 189 F, 96 M) | > 69 Jahre<br>(n = 90 F, 30 M)   | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 279 F, 126 M)     |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Hausarbeit                           | F | 198,7 $\pm$ 141,1<br>[0,0-685,7] | 176,8 $\pm$ 130,9<br>[0,0-617,1] | 0,217          | 191,6 $\pm$ 138,0<br>[0,0-685,7] |
|                                      | M | 62,3 $\pm$ 88,9<br>[0,0-600,0]   | 45,1 $\pm$ 49,1<br>[0,0-188,6]   | 0,315          | 58,2 $\pm$ 81,4<br>[0,0-600,0]   |
| Gartenarbeit                         | F | 43,4 $\pm$ 54,1<br>[0,0-257,1]   | 41,4 $\pm$ 73,7<br>[0,0-360,0]   | 0,803          | 42,7 $\pm$ 61,0<br>[0,0-360,0]   |
|                                      | M | 70,0 $\pm$ 79,0<br>[0,0-342,9]   | 78,9 $\pm$ 80,4<br>[0,0-214,3]   | 0,593          | 72,1 $\pm$ 79,1<br>[0,0-342,9]   |
| Spaziergehen                         | F | 25,5 $\pm$ 27,2<br>[0,0-85,7]    | 25,0 $\pm$ 26,5<br>[0,0-85,7]    | 0,905          | 25,3 $\pm$ 26,9<br>[0,0-85,7]    |
|                                      | M | 30,8 $\pm$ 29,7<br>[0,0-85,7]    | 31,4 $\pm$ 30,6<br>[0,0-85,7]    | 0,925          | 30,9 $\pm$ 29,8<br>[0,0-85,7]    |
| Leichte sportliche Aktivitäten       | F | 16,7 $\pm$ 20,2<br>[0,0-98,6]    | 16,3 $\pm$ 19,7<br>[0,0-85,7]    | 0,888          | 16,6 $\pm$ 20,0<br>[0,0-98,6]    |
|                                      | M | 25,3 $\pm$ 27,8<br>[0,0-113,5]   | 20,6 $\pm$ 25,3<br>[0,0-92,1]    | 0,405          | 24,2 $\pm$ 27,2<br>[0,0-113,5]   |
| Mittelschwere sportliche Aktivitäten | F | 15,5 $\pm$ 22,5<br>[0,0-111,4]   | 14,3 $\pm$ 18,2<br>[0,0-85,7]    | 0,667          | 15,1 $\pm$ 21,2<br>[0,0-111,4]   |
|                                      | M | 23,2 $\pm$ 33,6<br>[0,0-150,0]   | 20,3 $\pm$ 23,6<br>[0,0-98,6]    | 0,656          | 22,5 $\pm$ 31,4<br>[0,0-150,0]   |
| Schwere sportliche Aktivitäten       | F | 1,3 $\pm$ 7,4<br>[0,0-85,7]      | 0,1 $\pm$ 1,4<br>[0,0-12,9]      | <b>0,033</b>   | 1,0 $\pm$ 6,2<br>[0,0-85,7]      |
|                                      | M | 4,8 $\pm$ 13,3<br>[0,0-85,7]     | 1,3 $\pm$ 5,2<br>[0,0-25,7]      | <b>0,036</b>   | 4,0 $\pm$ 12,0<br>[0,0-85,7]     |
| Sport, gesamt                        | F | 33,5 $\pm$ 33,8<br>[0,0-171,4]   | 30,7 $\pm$ 28,8<br>[0,0-115,7]   | 0,510          | 32,6 $\pm$ 32,2<br>[0,0-171,4]   |
|                                      | M | 53,4 $\pm$ 53,3<br>[0,0-276,3]   | 42,1 $\pm$ 31,2<br>[0,0-98,6]    | 0,277          | 50,9 $\pm$ 49,1<br>[0,0-276,3]   |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, F = Frauen, M = Männer, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

In Tab. 3.6 sind der Aktivitätsumsatz und der PAI der Probanden des Gesamtkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung dargestellt. Sowohl zwischen den männlichen als auch zwischen den weiblichen Altersgruppen können keine signifikanten Unterschiede bezüglich des PAI aufgezeigt werden. Der Aktivitätsumsatz ist für die jüngeren gegenüber den älteren Probandinnen signifikant größer. Zwischen den männlichen Altersgruppen konnte kein Unterschied festgestellt werden.

**Tab. 3.6: Körperlicher Aktivitätsindex und Aktivitätsumsatz der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD; [Min-Max])**

|                                 |   | 60-69 Jahre<br>(n = 178 F, 91 M) | > 69 Jahre<br>(n = 88 F, 28 M) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 266 F, 119 M)    |
|---------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Aktivitäts-<br>umsatz<br>(kJ/d) | F | 3924 $\pm$ 1035<br>[1927-8200]   | 3555 $\pm$ 800<br>[2062-5436]  | <b>0,004</b>   | 3802 $\pm$ 978<br>[1927-8200]   |
|                                 | M | 4544 $\pm$ 1657<br>[2499-13139]  | 4111 $\pm$ 769<br>[2900-5677]  | 0,184          | 4440 $\pm$ 1502<br>[2499-13139] |
| PAI                             | F | 1,74 $\pm$ 0,17<br>[1,42-2,21]   | 1,71 $\pm$ 0,16<br>[1,39-2,13] | 0,159          | 1,73 $\pm$ 0,16<br>[1,39-2,21]  |
|                                 | M | 1,69 $\pm$ 0,22<br>[1,41-2,46]   | 1,66 $\pm$ 0,11<br>[1,52-1,94] | 0,412          | 1,69 $\pm$ 0,20<br>[1,41-2,46]  |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben; F = Frauen, M = Männer, PAI = Körperlicher Aktivitätsindex, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum

### 3.1.2 Charakterisierung des Teilkollektivs anhand der Basisdaten

#### *Alter des Teilkollektivs*

Zum Zeitpunkt der Basiserhebung beträgt das durchschnittliche Alter der jüngeren Frauen des Teilkollektivs 63,9 Jahre, das der älteren Frauen 74,1 Jahre (s. Tab. 3.7). Die Altersspanne der Frauen bewegt sich zwischen 60,0 und 80,0 Jahren. Die jüngeren Männer des Teilkollektivs sind im Mittel 64,2 Jahre alt und die Altersspanne liegt zwischen 60,0-69,0 Jahren.

**Tab. 3.7:** Alter der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD, [Min, Max])

|           |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M) | > 69 Jahre<br>(n = 8 F)       | Gesamt<br>(n = 35 F, 19 M)    |
|-----------|---|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Alter (J) | F | 63,9 $\pm$ 3,1<br>[60,0-69,0]   | 74,1 $\pm$ 2,7<br>[71,0-80,0] | 66,3 $\pm$ 5,3<br>[60,0-80,0] |
|           | M | 64,2 $\pm$ 2,7<br>[60,0-69,0]   | k. A.                         |                               |

F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, k. A. = keine Angabe

#### *Anthropometrische Parameter des Teilkollektivs*

In Tab. 3.8 sind die anthropometrischen Parameter der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der Ersterhebung dargestellt. Für alle anthropometrischen Parameter konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den 60-69jährigen und den über 69jährigen Frauen des Teilkollektivs aufgezeigt werden.

**Tab. 3.8: Anthropometrische Parameter der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                          |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M) | > 69 Jahre<br>(n = 8 F) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 35 F) |
|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------|
| Körpergröße (cm)         | F | 161,7 $\pm$ 6,5                 | 158,2 $\pm$ 7,0         | 0,199          | 160,9 $\pm$ 6,7      |
|                          | M | 172,8 $\pm$ 5,8                 | k. A.                   |                |                      |
| Körpergewicht (kg)       | F | 68,0 $\pm$ 8,4                  | 64,6 $\pm$ 4,2          | 0,285          | 67,2 $\pm$ 7,7       |
|                          | M | 75,8 $\pm$ 5,9                  | k. A.                   |                |                      |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | F | 26,1 $\pm$ 3,6                  | 25,9 $\pm$ 1,8          | 0,865          | 26,1 $\pm$ 3,3       |
|                          | M | 25,4 $\pm$ 1,6                  | k. A.                   |                |                      |
| Oberarmumfang (cm)       | F | 29,2 $\pm$ 2,7                  | 29,1 $\pm$ 1,3          | 0,917          | 29,1 $\pm$ 2,4       |
|                          | M | 29,3 $\pm$ 1,3                  | k. A.                   |                |                      |
| Taillenumfang (cm)       | F | 85,2 $\pm$ 8,1                  | 85,9 $\pm$ 3,8          | 0,809          | 85,3 $\pm$ 7,3       |
|                          | M | 92,2 $\pm$ 5,1                  | k. A.                   |                |                      |
| Hüftumfang (cm)          | F | 102,3 $\pm$ 7,4                 | 100,6 $\pm$ 4,9         | 0,556          | 101,9 $\pm$ 6,9      |
|                          | M | 98,0 $\pm$ 4,4                  | k. A.                   |                |                      |
| WHR                      | F | 0,83 $\pm$ 0,05                 | 0,85 $\pm$ 0,03         | 0,213          | 0,83 $\pm$ 0,05      |
|                          | M | 0,94 $\pm$ 0,06                 | k. A.                   |                |                      |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, F = Frauen, M = Männer, k. A. = keine Angabe

**Körperzusammensetzung des Teilkollektivs**

Die Messgrößen der BIA, die Resistanz und die Reaktanz, unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den 60-69jährigen und den über 69jährigen Frauen des Teilkollektivs (s. Tab. 3.9).

**Tab. 3.9: Resistanz und Reaktanz der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                        |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M) | > 69 Jahre<br>(n = 8 F) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 35 F) |
|------------------------|---|---------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------|
| Resistenz ( $\Omega$ ) | F | 562,4 $\pm$ 58,8                | 546,8 $\pm$ 41,7        | 0,115          | 558,9 $\pm$ 55,2     |
|                        | M | 476,8 $\pm$ 35,9                | k. A.                   |                |                      |
| Reaktanz ( $\Omega$ )  | F | 59,9 $\pm$ 8,2                  | 54,9 $\pm$ 9,1          | 0,875          | 58,8 $\pm$ 8,6       |
|                        | M | 53,5 $\pm$ 9,1                  | k. A.                   |                |                      |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, F = Frauen, M = Männer, k. A. = keine Angabe

Die Basisdaten zur Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs sind in Tab. 3.10 dargestellt. Zwischen den jüngeren und älteren Frauen können keine signifikanten Unterschiede bezüglich der einzelnen Parameter der Körperzusammensetzung aufgezeigt werden.

**Tab. 3.10: Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD)**

|                  |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M) | > 69 Jahre<br>(n = 8 F) | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 35 F) |
|------------------|---|---------------------------------|-------------------------|----------------|----------------------|
| FFM (kg)         | F | 40,1 $\pm$ 3,1                  | 39,0 $\pm$ 2,8          | 0,368          | 39,8 $\pm$ 3,0       |
|                  | M | 54,4 $\pm$ 3,2                  | k. A.                   |                |                      |
| FFM (% KG)       | F | 59,4 $\pm$ 4,8                  | 60,4 $\pm$ 3,1          | 0,605          | 59,6 $\pm$ 4,5       |
|                  | M | 71,8 $\pm$ 3,0                  | k. A.                   |                |                      |
| Fettmasse (kg)   | F | 27,9 $\pm$ 6,6                  | 25,6 $\pm$ 3,0          | 0,328          | 27,4 $\pm$ 5,7       |
|                  | M | 21,5 $\pm$ 3,7                  | k. A.                   |                |                      |
| Fettmasse (% KG) | F | 40,6 $\pm$ 4,8                  | 39,6 $\pm$ 3,1          | 0,605          | 40,4 $\pm$ 4,5       |
|                  | M | 28,2 $\pm$ 3,0                  | k. A.                   |                |                      |
| GKW (L)          | F | 32,0 $\pm$ 2,1                  | 31,5 $\pm$ 2,0          | 0,499          | 31,9 $\pm$ 2,1       |
|                  | M | 41,2 $\pm$ 2,7                  | k. A.                   |                |                      |
| GKW (% KG)       | F | 47,5 $\pm$ 3,9                  | 48,7 $\pm$ 2,4          | 0,408          | 47,8 $\pm$ 3,6       |
|                  | M | 54,3 $\pm$ 2,3                  | k. A.                   |                |                      |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, F = Frauen, M = Männer, KG = Körpergewicht, FFM = Fettfreie Masse, GKW = Gesamtkörperwasser, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, k. A. = keine Angabe

### ***Körperliche Aktivität des Teilkollektivs***

Die meiste Zeit pro Tag verbringen sowohl die jüngeren als auch die älteren Frauen des Teilkollektivs mit der Haus- und Gartenarbeit (s. Tab. 3.11). Obwohl bei den älteren Frauen eine im Mittel deutliche Abnahme der Haus- und Gartenarbeit zu beobachten ist, sind die Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen nicht signifikant. Die jüngeren Männer des Teilkollektivs verbringen die meiste Zeit pro Tag mit der Gartenarbeit.

**Tab. 3.11: Zeitverbrauch für verschiedene körperliche Aktivitäten (min/d) der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SE, [Min-Max])**

| Körperliche Aktivitäten (min/d)      |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M)  | > 69 Jahre<br>(n = 8 F)           | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 35 F)             |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Hausarbeit                           | F | 239,8 $\pm$ 113,7<br>[0,0-428,6] | 189,6 $\pm$ 119,3<br>[25,7-411,4] | 0,286          | 228,4 $\pm$ 115,2<br>[0,0-428,6] |
|                                      | M | 69,5 $\pm$ 62,2<br>[0,0-214,3]   | k. A.                             |                |                                  |
| Gartenarbeit                         | F | 88,6 $\pm$ 61,8<br>[0,0-214,3]   | 42,9 $\pm$ 63,8<br>[0,0-171,4]    | 0,077          | 78,1 $\pm$ 64,3<br>[0,0-214,3]   |
|                                      | M | 113,7 $\pm$ 98,9<br>[0,0-342,9]  | k. A.                             |                |                                  |
| Spaziergehen                         | F | 16,5 $\pm$ 21,3<br>[0,0-85,7]    | 33,2 $\pm$ 27,7<br>[6,4-85,7]     | 0,078          | 20,3 $\pm$ 23,6<br>[0,0-85,7]    |
|                                      | M | 35,2 $\pm$ 29,1<br>[0,0-85,7]    | k. A.                             |                |                                  |
| Leichte sportliche Aktivitäten       | F | 16,7 $\pm$ 15,4<br>[0,0-57,8]    | 28,9 $\pm$ 23,4<br>[4,2-64,3]     | 0,090          | 19,5 $\pm$ 17,9<br>[0,0-64,3]    |
|                                      | M | 27,7 $\pm$ 24,3<br>[0,0-85,7]    | k. A.                             |                |                                  |
| Mittelschwere sportliche Aktivitäten | F | 18,5 $\pm$ 29,5<br>[0,0-111,4]   | 13,7 $\pm$ 20,2<br>[0,0-51,4]     | 0,668          | 17,4 $\pm$ 27,4<br>[0,0-111,4]   |
|                                      | M | 22,3 $\pm$ 30,0<br>[0,0-98,6]    | k. A.                             |                |                                  |
| Schwere sportliche Aktivitäten       | F | 1,2 $\pm$ 5,1<br>[0,0-25,7]      | 0,0                               | 0,515          | 0,9 $\pm$ 4,4<br>[0,0-25,7]      |
|                                      | M | 6,1 $\pm$ 13,8<br>[0,0-51,4]     | k. A.                             |                |                                  |
| Sport, gesamt                        | F | 36,3 $\pm$ 34,7<br>[0,0-115,7]   | 42,6 $\pm$ 40,1<br>[4,2-115,7]    | 0,669          | 37,8-35,5<br>[0,0-115,7]         |
|                                      | M | 56,1 $\pm$ 39,6<br>[2,10-124,3]  | k. A.                             |                |                                  |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, F = Frauen, M = Männer, k. A. = keine Angabe



Sowohl der PAI als auch der Aktivitätsumsatz unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs (s. Tab. 3.12).

**Tab. 3.12: Körperlicher Aktivitätsindex und Aktivitätsumsatz der jüngeren und älteren Frauen sowie der jüngeren Männer des Teilkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Erhebung (MW  $\pm$  SD, [Min-Max])**

|                            |   | 60-69 Jahre<br>(n = 27 F, 19 M) | > 69 Jahre<br>(n = 8 F)        | p <sup>1</sup> | Gesamt<br>(n = 35 F)           |
|----------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| Aktivitätsumsatz<br>(kJ/d) | F | 4257 $\pm$ 980<br>[2826-6499]   | 3700 $\pm$ 924<br>[2277-5282]  | 0,162          | 4130 $\pm$ 983<br>[2277-6499]  |
|                            | M | 4666 $\pm$ 1160<br>[3235-6967]  | k. A.                          |                |                                |
| PAI                        | F | 1,82 $\pm$ 0,15<br>[1,52-2,19]  | 1,74 $\pm$ 0,14<br>[1,48-1,96] | 0,240          | 1,80 $\pm$ 0,15<br>[1,48-2,19] |
|                            | M | 1,75 $\pm$ 0,18<br>[1,48-2,11]  | k. A.                          |                |                                |

<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben, PAI = Körperlicher Aktivitätsindex MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, F = Frauen, M = Männer, k. A. = keine Angabe

### **3.2 Veränderungen der anthropometrischen Parameter im Verlauf des Alterns**

#### ***Frauen des Gesamtkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Anthropometrie der jüngeren und älteren Frauen des Gesamtkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.13 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Die Veränderung der Körpergröße in der Gruppe der Frauen des Gesamtkollektivs ist altersabhängig ( $p < 0,0001$ ). Ebenfalls signifikant zeigt sich die Interaktion (alter\*altersgruppe,  $p < 0,0001$ ), die einen unterschiedlichen Verlauf der Körpergröße zwischen den 60-69jährigen und den über 69jährigen Frauen mit zunehmendem Alter beschreibt. Während die jüngeren Frauen 0,089 cm / Jahr an Körpergröße verlieren, verringert sich die Körpergröße der Älteren jedes Jahr um 0,2363 cm.

Im Verlauf des Alterns verändert sich das Körpergewicht der Frauen signifikant ( $p = 0,0189$ ). Diese altersabhängige Veränderung unterscheidet sich signifikant zwischen den beiden Altersgruppen (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0004$ ). Während die jüngeren Frauen 0,1468 kg / Jahr an Körpergewicht zunehmen, verringert sich bei den älteren Frauen das Körpergewicht um 0,1840 kg / Jahr.

Im Verlauf des Alterns kann für den BMI eine signifikant unterschiedliche Veränderung zwischen den beiden weiblichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs beobachtet werden (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0278$ ). Der BMI der jüngeren Frauen steigt jedes Jahr um 0,0841 kg/m<sup>2</sup>, während für die älteren Frauen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann.

Der Oberarmumfang der Frauen verringert sich signifikant ( $p = 0,0261$ ) mit zunehmendem Alter. Da keine Interaktion zwischen dem Alter und den Altersgruppen aufgezeigt werden kann (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0559$ ), beträgt die Abnahme des Oberarmumfangs bei den jüngeren und älteren Frauen 0,0805 cm / Jahr.

**Tab. 3.13: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |                 | Altersgruppe <sup>3</sup> |                 | Alter* Altersgruppe <sup>4</sup> |                 |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p               | $\beta_2 \pm SE$          | p               | $\beta_3 \pm SE$                 | p               |
| Körpergröße (cm)            | 177,4400 ± 1,8900<br>p < 0,0001 | -0,2363 ± 0,0234       | < <b>0,0001</b> | -10,4062 ± 2,1769         | < <b>0,0001</b> | 0,1473 ± 0,0277                  | < <b>0,0001</b> |
| Körpergewicht (kg)          | 79,5471 ± 6,1473<br>p < 0,0001  | -0,1840 ± 0,0783       | <b>0,0189</b>   | -18,2127 ± 7,0557         | <b>0,0103</b>   | 0,3308 ± 0,0928                  | <b>0,0004</b>   |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 25,4650 ± 2,4110<br>p < 0,0001  | 0,0036 ± 0,0308        | 0,9068          | -3,6671 ± 2,7678          | 0,1863          | 0,0805 ± 0,0366                  | <b>0,0278</b>   |
| Oberarmumfang (cm)          | 34,4876 ± 2,7980<br>p < 0,0001  | -0,0805 ± 0,0361       | <b>0,0261</b>   | -5,0155 ± 3,2330          | 0,1219          | 0,0828 ± 0,0433                  | 0,0559          |
| Taillenumfang (cm)          | 72,8222 ± 8,2647<br>p < 0,0001  | 0,1758 ± 0,1065        | 0,0991          | -11,8811 ± 9,5174         | 0,2129          | 0,2386 ± 0,1270                  | 0,0606          |
| Hüftumfang (cm)             | 99,7573 ± 8,1314<br>p < 0,0001  | 0,0337 ± 0,1049        | 0,7480          | -14,0351 ± 9,3782         | 0,1356          | 0,2614 ± 0,1254                  | <b>0,0373</b>   |
| WHR                         | 0,7870 ± 0,0487<br>p < 0,0001   | 0,0007 ± 0,0006        | 0,2567          | -0,0198 ± 0,0569          | 0,7282          | 0,0003 ± 0,0008                  | 0,6582          |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index; WHR = Waist-Hip-Ratio

Mit fortschreitendem Lebensalter verändert sich der Hüftumfang signifikant unterschiedlich zwischen den weiblichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0373$ ). Der Hüftumfang der 60-69jährigen Frauen nimmt um 0,2951 cm / Jahr zu, für die älteren Frauen kann hingegen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden ( $p = 0,7480$ ).

Mit zunehmendem Alter kann für die Frauen bezüglich des Taillenumfangs sowie der WHR keine Veränderung festgestellt werden. Ebenso kann keine Interaktion zwischen den beiden Parametern und den Altersgruppen aufgezeigt werden.

### ***Männer des Gesamtkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Anthropometrie der jüngeren und älteren Männer des Gesamtkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in der Tab. 3.14 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Für die Männer des Gesamtkollektivs kann eine signifikante altersabhängige Abnahme der Körpergröße beobachtet werden ( $p = 0,0024$ ). Da keine signifikante Wechselwirkung aufgezeigt werden kann (alter\*altersgruppe,  $p = 0,2662$ ), verringert sich die Körpergröße sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Männer um 0,1394 cm / Jahr.

Bezüglich der Veränderung des Körpergewichts kann ein signifikanter Unterschied zwischen den jüngeren und älteren Männern des Gesamtkollektivs beobachtet werden (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0489$ ). Die jüngeren Männer nehmen jährlich 0,0696 kg zu, während für die Männer über 69 Jahre keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann ( $p = 0,0834$ ).

Der Oberarmumfang verringert sich signifikant für die Männer des Gesamtkollektivs mit zunehmendem Alter ( $p = 0,0241$ ). Da kein Unterschied bezüglich der Veränderung zwischen den beiden Altersgruppen beobachtet werden kann (alter\*altersgruppe,  $p = 0,2209$ ), reduziert sich der Oberarmumfang für alle Männer um 0,1206 cm pro Jahr.

**Tab. 3.14: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Männer des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J)  |               | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> |               |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------|--------|---------------------------------|---------------|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm \text{SE}$ | p             | $\beta_2 \pm \text{SE}$   | p      | $\beta_3 \pm \text{SE}$         | p             |
| Körpergröße (cm)            | 182,0900 ± 3,7200<br>p < 0,0001 | -0,1394 ± 0,0457        | <b>0,0024</b> | -3,5485 ± 4,0809          | 0,3862 | 0,0567 ± 0,0509                 | 0,2662        |
| Körpergewicht (kg)          | 96,3141 ± 11,4770<br>p < 0,0001 | -0,2547 ± 0,1468        | 0,0834        | -21,6093 ± 12,5625        | 0,0878 | 0,3243 ± 0,1643                 | <b>0,0489</b> |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 29,2426 ± 3,9195<br>p < 0,0001  | -0,0399 ± 0,0502        | 0,4263        | -5,9631 ± 4,2914          | 0,1671 | 0,0885 ± 0,0562                 | 0,1161        |
| Oberarmumfang (cm)          | 38,1315 ± 4,1258<br>p < 0,0001  | -0,1206 ± 0,0533        | <b>0,0241</b> | -5,2870 ± 4,5456          | 0,2469 | 0,0738 ± 0,0602                 | 0,2209        |
| Taillenumfang (cm)          | 94,3956 ± 13,4994<br>p < 0,0001 | 0,0368 ± 0,1739         | 0,8326        | -21,4611 ± 14,8105        | 0,1498 | 0,3260 ± 0,1952                 | 0,0955        |
| Hüftumfang (cm)             | 89,5916 ± 11,6240<br>p < 0,0001 | 0,1651 ± 0,1498         | 0,2709        | -4,3864 ± 12,7622         | 0,7316 | 0,0975 ± 0,1684                 | 0,5627        |
| WHR                         | 0,9809 ± 0,0913<br>p < 0,0001   | -0,0004 ± 0,0012        | 0,7398        | -0,0816 ± 0,1008          | 0,4199 | 0,0011 ± 0,013                  | 0,4255        |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahre; BMI = Body-Mass-Index; WHR = Waist-Hip-Ratio

Im Verlauf des Alterns können für die Männer des Gesamtkollektivs keine Veränderungen bezüglich des BMI, des Hüftumfangs, des Taillenumfangs sowie der WHR festgestellt werden. Ebenso können keine Interaktionen zwischen den jeweiligen Parametern und den Altersgruppen beobachtet werden.

### ***Frauen des Teilkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Anthropometrie der jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.15 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Die Körpergröße der Frauen des Teilkollektivs verringert sich signifikant mit zunehmendem Alter ( $p = 0,0048$ ). Da keine signifikante Wechselwirkung zwischen der Veränderung der Körpergröße und den beiden Altersgruppen beobachtet werden kann ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,2209$ ), beträgt die jährliche Abnahme der Körpergröße 0,1743 cm für die Frauen.

Die Veränderung des Körpergewichts der Frauen zeigt eine signifikante Altersabhängigkeit ( $p = 0,0279$ ). Ebenso signifikant zeigt sich die Wechselwirkung  $\text{alter} * \text{altersgruppe}$  ( $p = 0,0062$ ), die einen unterschiedlichen Verlauf des Körpergewichts der beiden Altersgruppen beschreibt. Während die jüngeren Frauen 0,1478 kg / Jahr zunehmen, verringert sich das Körpergewicht bei den über 69jährigen Frauen um 0,3504 kg / Jahr.

Für den BMI kann ein signifikant unterschiedlicher Verlauf zwischen den beiden weiblichen Altersgruppen des Teilkollektivs mit zunehmendem Alter festgestellt werden ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0253$ ). Der BMI der jüngeren Frauen steigt jedes Jahr um  $0,08356 \text{ kg/m}^2$ , für die älteren Frauen kann keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden.

Der Oberarmumfang der Frauen des Teilkollektivs verringert sich im Verlauf des Alterns signifikant ( $p = 0,0280$ ). Diesbezüglich kann keine unterschiedliche Veränderung zwischen den beiden weiblichen Altersgruppen festgestellt werden ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0500$ ). Der Oberarmumfang der Frauen verringert sich jährlich um 0,1815 cm.

**Tab. 3.15: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE      | Alter <sup>2</sup> (J) |               | Altersgruppe <sup>3</sup> |               | Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> |               |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
|                             |                                  | $\beta_1 \pm SE$       | p             | $\beta_2 \pm SE$          | p             | $\beta_3 \pm SE$                | p             |
| Körpergröße (cm)            | 171,2000 ± 5,3409<br>p < 0,0001  | -0,1743 ± 0,0611       | <b>0,0048</b> | -3,8199 ± 5,9411          | 0,5247        | 0,0854 ± 0,0695                 | 0,2209        |
| Körpergewicht (kg)          | 90,9288 ± 12,8247<br>p < 0,0001  | -0,3504 ± 0,1580       | <b>0,0279</b> | -32,4036 ± 14,2077        | <b>0,0292</b> | 0,4982 ± 0,1798                 | <b>0,0062</b> |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 31,8347 ± 5,1821<br>p < 0,0001   | -0,0796 ± 0,0636       | 0,2119        | -11,0710 ± 5,7427         | 0,0625        | 0,1632 ± 0,0723                 | <b>0,0253</b> |
| Oberarmumfang (cm)          | 42,5590 ± 6,5603<br>p < 0,0001   | -0,1815 ± 0,0819       | <b>0,0280</b> | -13,4838 ± 7,2584         | 0,0722        | 0,1839 ± 0,0932                 | 0,0500        |
| Taillenumfang (cm)          | 88,2988 ± 19,8442<br>p < 0,0001  | -0,0256 ± 0,2478       | 0,9177        | -32,4586 ± 21,9546        | 0,1488        | 0,4825 ± 0,2819                 | 0,0887        |
| Hüftumfang (cm)             | 111,5900 ± 18,7558<br>p < 0,0001 | -0,1335 ± 0,2344       | 0,5697        | -30,6931 ± 20,7486        | 0,1485        | 0,4715 ± 0,2665                 | 0,0787        |
| WHR                         | 0,7912 ± 0,1368<br>p < 0,0001    | 0,0008 ± 0,0017        | 0,6527        | -0,0692 ± 0,1512          | 0,6502        | 0,0009 ± 0,0019                 | 0,6502        |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahre; BMI = Body-Mass-Index; WHR = Waist-Hip-Ratio

Keine altersabhängigen Veränderungen können für die Frauen des Teilkollektivs bezüglich Taillen-, Hüftumfang sowie WHR festgestellt werden. Ebenso können keine Interaktionen zwischen den jeweiligen Parametern und den Altersgruppen aufgezeigt werden.

### ***Jüngere Männer des Teilkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Anthropometrie der jüngeren Männer des Teilkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.16 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Die Körpergröße der jüngeren Männer des Teilkollektivs verringert sich jährlich signifikant um 0,1007 cm ( $p = 0,0048$ ).

Für den BMI kann ebenfalls eine jährliche signifikante Abnahme von 0,08544 kg/m<sup>2</sup> beobachtet werden ( $p = 0,0168$ ).

Mit zunehmendem Alter erhöht sich der Taillen- als auch der Hüftumfang in der Gruppe der jüngeren Männer des Teilkollektivs signifikant. Der Taillenumfang nimmt jährlich um 0,5056 cm ( $p = 0,0007$ ), der Hüftumfang um 0,6109 cm ( $p = 0,0001$ ) zu.

Für das Körpergewicht, den Oberarmumfang und die WHR konnten keine signifikanten Veränderungen im Verlauf des Alterns festgestellt werden.



**Tab. 3.16: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der jüngeren Männer des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |               |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|---------------|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p             |
| Körpergröße (cm)            | 179,24 ± 2,7560<br>p < 0,0001   | -0,1007 ± 0,03524      | <b>0,0053</b> |
| Körpergewicht (kg)          | 63,3361 ± 7,3179<br>p < 0,0001  | 0,1938 ± 0,1037        | 0,0647        |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 19,9467 ± 2,4583<br>p < 0,0001  | 0,08544 ± 0,03510      | <b>0,0168</b> |
| Oberarmumfang (cm)          | 31,2385 ± 2,3737<br>p < 0,0001  | -0,02982 ± 0,03410     | 0,3841        |
| Taillenumfang (cm)          | 60,0652 ± 10,0179<br>p < 0,0001 | 0,5056 ± 0,1434        | <b>0,0007</b> |
| Hüftumfang (cm)             | 58,8286 ± 7,9743<br>p < 0,0001  | 0,6109 ± 0,1142        | <b>0,0001</b> |
| WHR                         | 0,9973 ± 0,08965<br>p < 0,0001  | -0,00081 ± 0,001284    | 0,5283        |

<sup>1</sup> Intercept : Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung des Parameters (jährliche Veränderung); SE = Standardfehler; J = Jahre; BMI = Body-Mass-Index; WHR = Waist-Hip-Ratio

### **3.3            Veränderungen der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns**

#### ***Frauen des Gesamtkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Frauen des Gesamtkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.17 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Für die Frauen des Gesamtkollektivs kann für die absolute FFM eine signifikante Abnahme ( $p = 0,0008$ ) mit zunehmendem Alter beobachtet werden. Diese altersabhängige Abnahme verläuft unterschiedlich zwischen den jüngeren und älteren Frauen ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0329$ ). Während bei den jüngeren Frauen die absolute FFM um  $0,029 \text{ kg / Jahr}$  abnimmt, nimmt sie bei den älteren Frauen um  $0,1183 \text{ kg / Jahr}$  ab.

Die prozentuale FFM verändert sich signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Altersgruppen der Frauen mit zunehmendem Alter ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0437$ ). Für die jüngeren Frauen reduziert sich die prozentuale FFM um  $0,1155 \% / \text{Jahr}$ , während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung pro Jahr aufgezeigt werden kann.

Die absolute Fettmasse verändert sich mit fortschreitendem Alter unterschiedlich zwischen den jüngeren und älteren Frauen des Gesamtkollektivs ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0068$ ). Bei den 60-69jährigen Frauen erhöht sich die absolute Fettmasse um  $0,161 \text{ kg pro Jahr}$ , während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann.

**Tab. 3.17: Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Frauen des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungsparemeter | Intercept <sup>1</sup> ± SE<br>p < 0,0001 | Alter <sup>2</sup> (J) |               | Altersgruppe <sup>3</sup> |               | Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> |               |
|---------------------------------|---|------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
|                                 |   | $\beta_1 \pm SE$       | p             | $\beta_2 \pm SE$          | p             | $\beta_3 \pm SE$                | p             |
| FFM (kg)                        | 47,5445 ± 2,7370<br>p < 0,0001            | -0,1183 ± 0,0352       | <b>0,0008</b> | -5,3290 ± 3,1425          | 0,0910        | 0,0893 ± 0,0418                 | <b>0,0329</b> |
| FFM (% KG)                      | 58,3451 ± 4,2482<br>p < 0,0001            | 0,0161 ± 0,0548        | 0,7687        | 6,7861 ± 4,8846           | 0,1658        | -0,1316 ± 0,0652                | <b>0,0437</b> |
| Fettmasse (kg)                  | 30,8856 ± 5,1567<br>p < 0,0001            | -0,0512 ± 0,0661       | 0,4384        | -10,7953 ± 5,9111         | 0,0689        | 0,2122 ± 0,0782                 | <b>0,0068</b> |
| Fettmasse (% KG)                | 41,6549 ± 4,2482<br>p < 0,0001            | -0,0161 ± 0,0548       | 0,7687        | -6,7861 ± 4,8846          | 0,1658        | 0,1316 ± 0,0652                 | <b>0,0437</b> |
| GKW (L)                         | 34,4795 ± 1,8852<br>p < 0,0001            | -0,0414 ± 0,0243       | 0,0877        | -3,1976 ± 2,1638          | 0,1406        | 0,0577 ± 0,0288                 | <b>0,0452</b> |
| GKW (% KG)                      | 41,3234 ± 3,3021<br>p < 0,0001            | 0,0940 ± 0,0425        | <b>0,0271</b> | 7,5972 ± 3,7916           | <b>0,0461</b> | -0,1348 ± 0,0505                | <b>0,0077</b> |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0;  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahre; KG = Körpergewicht; FFM = Fettfreie Masse, GKW = Gesamtkörperwasser

Mit fortschreitendem Lebensalter verändert sich das absolute GKW signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Altersgruppen der Frauen (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0452$ ). Das absolute GKW erhöht sich bei den jüngeren Frauen um 0,01627 L / Jahr, während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann ( $p = 0,0877$ ).

Die Veränderung des prozentualen GKW der Frauen des Gesamtkollektivs zeigt eine signifikante Altersabhängigkeit ( $p = 0,0271$ ). Ebenfalls signifikant zeigt sich die Wechselwirkung alter\*altersgruppe ( $p = 0,0077$ ), die einen unterschiedlichen Verlauf des prozentualen GKW zwischen den beiden Altersgruppen beschreibt. Während die jüngeren Frauen 0,04076 % pro Jahr an GKW verlieren, kann für die älteren Frauen über 69 Jahre eine Zunahme von 0,09404 % pro Jahr aufgezeigt werden.

### ***Männer des Gesamtkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Männer des Gesamtkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.18 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Für die Männer des Gesamtkollektivs kann für alle Parameter der Körperzusammensetzung kein Einfluss des Alters aufgezeigt werden. Des Weiteren können keine Interaktionen zwischen den Parametern der Körperzusammensetzung und den Altersgruppen beobachtet werden.

**Tab. 3.18: Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Männer des Gesamtkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungsparemeter | Intercept <sup>1</sup> ± SE<br>p < 0,0001 | Alter <sup>2</sup> (J) |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> |        |
|---------------------------------|---|------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------------|--------|
|                                 |   | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$          | p      | $\beta_3 \pm SE$                | p      |
| FFM (kg)                        | 64,7412 ± 6,4670<br>p < 0,0001            | -0,1397 ± 0,0833       | 0,0938 | -6,8583 ± 7,0835          | 0,3348 | 0,0994 ± 0,0933                 | 0,2872 |
| FFM (% KG)                      | 67,3322 ± 7,9198<br>p < 0,0001            | 0,0439 ± 0,1021        | 0,6673 | 9,7721 ± 8,6853           | 0,2626 | -0,1480 ± 0,1146                | 0,1969 |
| Fettmasse (kg)                  | 33,2724 ± 9,0499<br>p = 0,0003            | -0,1373 ± 0,1163       | 0,2384 | -16,1262 ± 9,9050         | 0,1059 | 0,2424 ± 0,1302                 | 0,0631 |
| Fettmasse (% KG)                | 32,6678 ± 7,9198<br>p < 0,0001            | -0,0439 ± 0,1021       | 0,6673 | -9,7721 ± 8,6853          | 0,2626 | 0,1480 ± 0,1146                 | 0,1969 |
| GKW (L)                         | 47,9744 ± 5,4562<br>p < 0,0001            | -0,0875 ± 0,0702       | 0,2130 | -6,2831 ± 5,9746          | 0,2949 | 0,0931 ± 0,0786                 | 0,2370 |
| GKW (% KG)                      | 50,2723 ± 5,5353<br>p < 0,0001            | 0,0479 ± 0,0714        | 0,5025 | 5,2828 ± 6,0768           | 0,3863 | -0,0807 ± 0,0803                | 0,3152 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0;  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahre; KG = Körpergewicht; FFM = Fettfreie Masse; GKW = Gesamtkörperwasser

### ***Frauen des Teilkollektivs***

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.19 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Für die Frauen des Teilkollektivs kann für die absolute FFM eine signifikante Abnahme ( $p = 0,0348$ ) mit zunehmendem Alter beobachtet werden. Da es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen im Verlauf des Alterns gibt (alter\*altersgruppe,  $p = 0,1001$ ), beträgt die Abnahme der absoluten FFM in beiden Altersgruppen  $0,1681 \text{ kg / Jahr}$ .

Die absolute Fettmasse verändert sich mit fortschreitendem Lebensalter signifikant unterschiedlich zwischen den Altersgruppen der Frauen des Teilkollektivs (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0143$ ). Die absolute Fettmasse erhöht sich bei den 60-69jährigen Frauen um  $0,1738 \text{ kg / Jahr}$ , während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann.

Für die Frauen des Teilkollektivs kann bezüglich der prozentualen FFM sowie des absoluten GKW keine altersabhängige Veränderung aufgezeigt werden. Des Weiteren können keine Interaktionen zwischen den beiden Parametern und den Altersgruppen beobachtet werden.

Das prozentuale GKW der Frauen des Teilkollektivs verändert sich signifikant ( $p = 0,0443$ ) mit zunehmendem Alter. Diese altersabhängige Veränderung verläuft signifikant unterschiedlich zwischen den jüngeren und älteren Frauen (alter\*altersgruppe,  $p = 0,0199$ ). Während bei den jüngeren Frauen das prozentuale GKW um  $0,0614 \text{ \% pro Jahr}$  abnimmt, steigt es bei den älteren Frauen um  $0,1920 \text{ \% pro Jahr}$  an.

**Tab. 3.19:** Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der Frauen des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells

| Körperzusammensetzungsparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J)  |               | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> |               |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------|--------|---------------------------------|---------------|
|                                 |                                 | $\beta_1 \pm \text{SE}$ | p             | $\beta_2 \pm \text{SE}$   | p      | $\beta_3 \pm \text{SE}$         | p             |
| FFM (kg)                        | 51,6991 ± 6,3500<br>p < 0,0001  | -0,1681 ± 0,0790        | <b>0,0348</b> | -10,1043 ± 7,0287         | 0,1600 | 0,1444 ± 0,0899                 | 0,1001        |
| FFM (% KG)                      | 50,6506 ± 10,1356<br>p < 0,0001 | 0,1293 ± 0,1261         | 0,3065        | 18,5402 ± 11,2195         | 0,1079 | -0,2825 ± 0,1435                | 0,0505        |
| Fettmasse (kg)                  | 40,9702 ± 10,8303<br>p = 0,0006 | -0,2039 ± 0,1341        | 0,1302        | -24,1868 ± 11,9938        | 0,0519 | 0,3777 ± 0,1526                 | <b>0,0143</b> |
| Fettmasse (% KG)                | 49,3494 ± 10,1356<br>p < 0,0001 | -0,1293 ± 0,1261        | 0,3065        | -18,5402 ± 11,2195        | 0,1079 | 0,2825 ± 0,1435                 | 0,0505        |
| GKW (L)                         | 37,6017 ± 4,2246<br>p < 0,0001  | -0,0808 ± 0,0525        | 0,1260        | -7,0782 ± 4,6766          | 0,1397 | 0,1042 ± 0,0598                 | 0,0830        |
| GKW (% KG)                      | 34,3494 ± 7,6389<br>p < 0,0001  | 0,1920 ± 0,0948         | <b>0,0443</b> | 17,0780 ± 8,4580          | 0,0517 | -0,2534 ± 0,1078                | <b>0,0199</b> |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0;  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre;  
<sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; SE = Standardfehler; J = Jahr; KG = Körpergewicht; FFM = Fettfreie Masse; GKW = Gesamtkörperwasser

### *Jüngere Männer des Teilkollektivs*

Die Veränderungen der verschiedenen Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren Männer des Teilkollektivs im Verlauf von 1994-2004 werden in Tab. 3.20 anhand eines PROC MIXED Modells beschrieben.

Mit zunehmendem Alter kann keine signifikante Veränderung der Parameter der Körperzusammensetzung für die jüngeren Männer des Teilkollektivs beobachtet werden.

**Tab. 3.20: Altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung der jüngeren Männer des Teilkollektivs anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungsparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE    | Alter <sup>2</sup> (J) |        |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|
|                                 |                                | $\beta_1 \pm SE$       | p      |
| FFM (kg)                        | 52,1139 ± 4,1596<br>p < 0,0001 | 0,03496 ± 0,05902      | 0,5551 |
| FFM (% KG)                      | 79,9818 ± 5,2988<br>p < 0,0001 | -0,1260 ± 0,07578      | 0,0998 |
| Fettmasse (kg)                  | 11,3567 ± 5,6677<br>p = 0,0604 | 0,1566 ± 0,08086       | 0,0558 |
| Fettmasse (% KG)                | 20,0182 ± 5,2988<br>p = 0,0014 | 0,1260 ± 0,07578       | 0,0998 |
| GKW (L)                         | 36,6820 ± 3,4814<br>p < 0,0001 | 0,06947 ± 0,04940      | 0,1629 |
| GKW (% KG)                      | 57,1036 ± 3,7809<br>p < 0,0001 | -0,04218 ± 0,05407     | 0,4373 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung des Parameters (jährliche Veränderung); SE = Standardfehler; J = Jahre; KG = Körpergewicht; FFM = Fettfreie Masse; GKW = Gesamtkörperwasser



### 3.4            **Veränderungen der anthropometrischen Parameter in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns**

Im Folgenden wird der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die altersabhängigen Veränderungen der anthropometrischen Parameter untersucht. Außer für den Taillenumfang der Männer des Gesamtkollektivs konnte kein signifikanter Einfluss des PAI aufgezeigt werden. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel lediglich die Ergebnisse der beiden PROC MIXED Modelle (Modell 1: ohne Aktivität, Modell 2: mit Aktivität) des Taillenumfangs der Männer des Gesamtkollektivs dargestellt (s. Tab. 3.21). Die PROC MIXED Ergebnisse zum Einfluss der Aktivität auf die Parameter der Anthropometrie der Frauen und der Männer des Gesamtkollektivs sowie der Frauen und der jüngeren Männer des Teilkollektivs befinden sich im Anhang in den Tab. A2, A3, A4 und A5.

#### ***Männer des Gesamtkollektivs***

**Modell 1:** Wie bereits in Kap. 3.2, Tab. 3.14 gezeigt, können bezüglich des Taillenumfangs keine altersabhängigen Veränderungen für die männlichen Probanden des Gesamtkollektivs aufgezeigt werden.

**Modell 2:** Der Taillenumfang steigt mit zunehmendem Alter in der jüngeren Gruppe der Männer um 1,1886 cm / Jahr an ( $\text{alter} \cdot \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,0109$ ), während keine Veränderung für die Männer über 69 Jahre beobachtet werden kann. Des Weiteren kann für die jüngeren Männer beobachtet werden, dass die Veränderung des Taillenumfangs im Verlauf des Alterns vom PAI beeinflusst wird ( $\text{alter} \cdot \text{pai}$ ,  $p = 0,0264$ ). Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) reduziert sich die Zunahme des Taillenumfangs mit steigendem Alter um 0,4854 cm / Jahr. Folglich verringert sich für die jüngere Altersgruppe der Männer die Zunahme des Taillenumfangs bei einem PAI von 1,0 auf 0,7032 cm / Jahr und bei einem PAI von 2,0 auf 0,2178 cm / Jahr.

**Tab. 3.21: Altersabhängige Veränderungen des Taillenumfangs der Männer des Gesamtkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2**

| Taillenumfang (cm)              |                  |                                 |                                 |
|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                 |                  | Modell 1                        | Modell 2                        |
| Intercept <sup>1</sup> ± SE     |                  | 94,3956 ± 13,4994<br>p < 0,0001 | 51,7174 ± 27,1681<br>p = 0,0592 |
| Alter <sup>2</sup> (J)          | $\beta_1 \pm SE$ | 0,0368 ± 0,1739                 | 0,7147 ± 0,3868                 |
|                                 | p                | 0,8326                          | 0,0652                          |
| Altersgruppe <sup>3</sup>       | $\beta_2 \pm SE$ | -21,4611 ± 14,8105              | -32,3169 ± 14,0582              |
|                                 | p                | 0,1498                          | <b>0,0231</b>                   |
| Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> | $\beta_3 \pm SE$ | 0,3260 ± 0,1952                 | 0,4739 ± 0,1855                 |
|                                 | p                | 0,0955                          | <b>0,0109</b>                   |
| PAI <sup>5</sup>                | $\beta_4 \pm SE$ |                                 | 31,3577 ± 14,9535               |
|                                 | p                |                                 | <b>0,0365</b>                   |
| Alter*PAI <sup>6</sup>          | $\beta_5 \pm SE$ |                                 | -0,4854 ± 0,2180                |
|                                 | p                |                                 | <b>0,0264</b>                   |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>5</sup> PAI:  $\beta_4$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre

### 3.5            **Veränderungen der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alters**

Im Folgenden wird der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die altersabhängigen Veränderungen der Körperzusammensetzung untersucht. Außer für die absolute FFM und für das absolute GKW der Frauen des Teilkollektivs konnte kein signifikanter Einfluss der körperlichen Aktivität aufgezeigt werden. Aus diesem Grund werden in diesem Kapitel lediglich die Ergebnisse der beiden PROC MIXED Modelle (Modell 1: ohne Aktivität, Modell 2: mit Aktivität), der absoluten FFM und des absoluten GKW der Frauen des Teilkollektivs dargestellt (s. Tab. 3.22 und Tab. 3.23). Die PROC MIXED Ergebnisse zum Einfluss der Aktivität auf die Parameter der Körperzusammensetzung der Frauen und Männer des Gesamtkollektivs sowie der Frauen und der jüngeren Männer des Teilkollektivs befinden sich im Anhang Tab. A6, A7, A8 und A9.

#### *Frauen des Teilkollektivs*

##### **Absolute FFM**

**Modell 1:** Wie bereits in Kap. 3.3, Tab. 3.19 gezeigt, kann für die Frauen des Teilkollektivs für die absolute FFM eine signifikante altersabhängige Abnahme ( $p = 0,0348$ ) von 0,1681 kg / Jahr beobachtet werden. Da keine signifikante Wechselwirkung beobachtet werden kann ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,1600$ ), verläuft diese Abnahme für beide weiblichen Altersgruppen gleich.

**Modell 2:** Da kein unterschiedlicher Verlauf der absoluten FFM ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,3086$ ) zwischen den weiblichen Altersgruppen des Teilkollektivs mit zunehmendem Alter nachgewiesen werden kann, zeigt die absolute FFM eine signifikante Abnahme ( $p = 0,0001$ ) von 0,7163 kg / Jahr sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Frauen. Des Weiteren ist die Abnahme der absoluten FFM im Verlauf des Alterns abhängig vom PAI ( $\text{alter} * \text{pai}$ ,  $p = 0,0007$ ). Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) verringert sich die Abnahme der FFM im Verlauf des Alterns um 0,3285 kg / Jahr. Folglich beträgt die Abnahme der absoluten FFM 0,3878 kg / Jahr bei einem PAI von 1,0 und 0,0593 kg / Jahr bei einem PAI von 2,0.

**Tab. 3.22: Altersabhängige Veränderungen der absoluten FFM der Frauen des Teilkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2**

| FFM (kg)                        |                  |                                |                                 |
|---------------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|                                 |                  | Modell 1                       | Modell 2                        |
| Intercept <sup>1</sup> ± SE     |                  | 51,6991 ± 6,3500<br>p < 0,0001 | 91,6531 ± 13,0689<br>p < 0,0001 |
| Alter <sup>2</sup> (J)          | $\beta_1 \pm SE$ | -0,1681 ± 0,0790               | -0,7163 ± 0,1770                |
|                                 | p                | <b>0,0348</b>                  | <b>0,0001</b>                   |
| Altersgruppe <sup>3</sup>       | $\beta_2 \pm SE$ | -10,1043 ± 7,0287              | -7,1236 ± 6,8882                |
|                                 | p                | 0,1600                         | 0,3086                          |
| Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> | $\beta_3 \pm SE$ | 0,1444 ± 0,0899                | 0,1041 ± 0,0881                 |
|                                 | p                | 0,1001                         | 0,2393                          |
| PAI <sup>5</sup>                | $\beta_4 \pm SE$ |                                | -23,9375 ± 6,8912               |
|                                 | p                |                                | <b>0,0007</b>                   |
| Alter*PAI <sup>6</sup>          | $\beta_5 \pm SE$ |                                | 0,3285 ± 0,0956                 |
|                                 | p                |                                | <b>0,0007</b>                   |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>5</sup> PAI:  $\beta_4$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler; J = Jahre; FFM = fettfreie Masse

### **Absolutes GWK**

**Modell 1:** Wie in Kap. 3.3, Tab. 3.19 bereits dargestellt, können bezüglich des absoluten GWK keinerlei Veränderungen im Verlauf des Alterns für die Frauen des Teilkollektivs beobachtet werden.

**Modell 2:** Für das absolute GWK ergibt sich mit fortschreitendem Lebensalter eine signifikante Abnahme ( $p = 0,0005$ ) von  $0,4199 \text{ l / Jahr}$  sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Frauen des Teilkollektivs, da keine Wechselwirkung zwischen dem absoluten GWK und den Altersgruppen beobachtet werden kann ( $\text{alter} * \text{altersgruppe}$ ,  $p = 0,2575$ ). Des Weiteren ist die Veränderung des absoluten GWK abhängig vom PAI ( $\text{alter} * \text{pai}$ ,  $p = 0,0016$ ). Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) reduziert sich die Abnahme des absoluten GWK mit steigendem Alter jährlich um  $0,2032 \text{ L}$ . Folglich beträgt die Abnahme des absoluten GWK  $0,2167 \text{ L / Jahr}$  bei einem PAI von 1,0 und  $0,0135 \text{ L / Jahr}$  bei einem PAI von 2,0.

**Tab. 3.23: Altersabhängige Veränderungen des absoluten GWK der Frauen des Teilkollektivs anhand der PROC MIXED Modelle 1 und 2**

| GWK (L)                         |                  |                                |                                |
|---------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                 |                  | Modell 1                       | Modell 2                       |
| Intercept <sup>1</sup> ± SE     |                  | 37,6017 ± 4,2246<br>p < 0,0001 | 62,2067 ± 8,6863<br>p < 0,0001 |
| Alter <sup>2</sup> (J)          | $\beta_1 \pm SE$ | -0,08078 ± 0,05253             | -0,4199 ± 0,1176               |
|                                 | p                | 0,1260                         | <b>0,0005</b>                  |
| Altersgruppe <sup>3</sup>       | $\beta_2 \pm SE$ | -7,0782 ± 4,6766               | -5,2979 ± 4,5979               |
|                                 | p                | 0,1397                         | 0,2575                         |
| Alter*Altersgruppe <sup>4</sup> | $\beta_3 \pm SE$ | 0,1042 ± 0,05977               | 0,0802 ± 0,05880               |
|                                 | p                | 0,0830                         | 0,1746                         |
| PAI <sup>5</sup>                | $\beta_4 \pm SE$ |                                | -14,7388 ± 4,5710              |
|                                 | p                |                                | <b>0,0015</b>                  |
| Alter*PAI <sup>6</sup>          | $\beta_5 \pm SE$ |                                | 0,2032 ± 0,06341               |
|                                 | p                |                                | <b>0,0016</b>                  |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>5</sup> PAI:  $\beta_4$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, GWK = Gesamtkörperwasser

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der weiblichen und männlichen Altersgruppen des Gesamt- und des Teilkollektivs der vorliegenden Arbeit werden gemeinsam in der Diskussion mit Studien aus der Literatur verglichen. Aufgrund der geringen Anzahl an älteren Männern im Teilkollektiv (ein Proband) konnten lediglich die jüngeren Männer zum Vergleich herangezogen werden.

In den Kap. 4.2 - 4.5 werden Studien vorgestellt, die sich mit der Frage beschäftigen, ob und inwieweit das Alter bei jüngeren (60-69 Jahre) und älteren (> 69 Jahre) selbstständig lebenden Senioren Einfluss auf die anthropometrischen Parameter Körpergröße, Körpergewicht, BMI und Körperumfänge sowie die Körperzusammensetzung nimmt. Die Studien aus der Literatur werden getrennt nach jüngeren und älteren Senioren aufgeführt. Bei den beschriebenen Studien handelt es sich ausschließlich um Langzeitstudien. Aufgrund der unterschiedlich langen Follow-up Perioden sind die Ergebnisse allerdings schwer vergleichbar. Daher wurden die Veränderungen pro Jahr berechnet (falls in den Studien nicht angegeben) und entsprechend aufgeführt. Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den angegebenen Zahlen in den Studien um Mittelwerte sowie die dazu gehörigen Standardabweichungen handelt. Werden andere deskriptive Maßzahlen verwendet, wird das in den entsprechenden Studien erwähnt.

Darüber hinaus wird eine besondere Aufmerksamkeit auf Studien gelegt, die mittels statistischer Trendanalysen (z. B. PROC MIXED) alle Messpunkte der Untersuchungsperiode analysiert haben und somit den tatsächlichen Verlauf abbilden. Jedoch erheben der Großteil der betrachteten Langzeitstudien nur zwei Messpunkte – Anfang und Ende der Studie, so dass der Verlauf zwischen diesen Messpunkten dabei nicht weiter berücksichtigt werden kann.

Da die Studienlage mit Senioren ab ca. 60 Jahren recht eingeschränkt ist, wurden, falls nötig, Studien in Betracht gezogen, die mitunter jüngere Probanden in ihr Untersuchungskollektiv mit eingeschlossen haben.

## **4.1 Probanden**

Im Folgenden wird das in dieser Arbeit untersuchte Gesamtkollektiv (287 Frauen, 131 Männer) in Bezug auf Alter, Anthropometrie, Bildungsstand und körperlicher Aktivität mit dem Durchschnitt der älteren deutschen Bevölkerung verglichen. Für den Vergleich werden Daten des statistischen Bundesamtes, der Nationalen Verzehrsstudie I (NVS I) und II (NVS II), des Bundesgesundheitsstudie (BGS) 1998 sowie Daten des Robert-Koch-Instituts zur körperlichen Aktivität (telefonischer Gesundheitssurvey 2003) der älteren deutschen Bevölkerung herangezogen. Hierzu werden die Basisdaten des Gesamtkollektivs verwendet, d. h. die Daten, die bei der jeweils ersten Untersuchung der Senioren erhoben wurden.

### **4.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung**

Für den Vergleich werden repräsentative Zahlen des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2006 der 60jährigen und älteren Bevölkerung herangezogen (Statistisches Bundesamt 2008, S 44). Das GISELA-Gesamtkollektiv besteht zu 68,7 % aus weiblichen und zu 31,3 % aus männlichen Teilnehmern (s. Kap. 2.1.3.5 Tab. 2.4). Im Jahr 2006 bildeten die 60jährigen und älteren Frauen in Deutschland mit 56,8 % den größeren Anteil gegenüber den Männern mit 43,2 %. Die weiblichen Teilnehmer sind somit in der GISELA-Studie im Vergleich zum Bundesdurchschnitt überrepräsentiert. Dies ist einerseits auf das größere Interesse der weiblichen Teilnehmer an Ernährung und Gesundheit und andererseits auf die Rekrutierung der GISELA-Probanden, die nicht nach repräsentativen Kriterien erfolgte, zurückzuführen (s. Kap. 2.1.3.2 S 6).

Bei dem Vergleich der Altersverteilung des Gesamtkollektivs (s. Kap. 2.1.3.6 Tab. 2.8) mit der Altersverteilung der deutschen älteren Bevölkerung ab 60 Jahre (s. Tab. 4.1) zeigen sich deutliche Unterschiede. So ist in der vorliegenden Untersuchung die Altersgruppe 60-69 Jahre sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern überproportional vertreten. Demgegenüber ist die Altersgruppe > 69 Jahre deutlich unterrepräsentiert. Die Altersverteilung des Gesamtkollektivs der GISELA-Teilnehmer ergibt sich vermutlich aus den Voraussetzungen zur Studienteilnahme (s. Kap. 2.1.3.1 S 5). Da die Probanden das Institut für Ernährungswissenschaft selbstständig aufsuchen müssen, wird eine gewisse körperliche



Mobilität vorausgesetzt. Diese Mobilität ist bei betagten und hochbetagten Senioren aufgrund der zunehmenden Multimorbidität im Alter nicht immer gewährleistet (Van den Akker et al. 1998, Robert-Koch-Institut und Statistisches Bundesamt 2006, S 15ff). Zudem kann der höhere Anteil an jüngeren Senioren vermutlich auch darauf zurückgeführt werden, dass diese sich mehr mit Fragen zur Ernährung und Gesundheit beschäftigen als die betagten und hochbetagten Senioren.

**Tab. 4.1: Altersverteilung (%) der Frauen und Männer ( $\geq 60$  Jahre) in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2008, S 44, Stand 2006)**

| Alter<br>(n = 20567100) | Frauen<br>(n = 11684200) | Männer<br>(n = 8882900) |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 60-69 Jahre             | 43,7                     | 54,0                    |
| $\geq 70$ Jahre         | 56,3                     | 46,0                    |

#### 4.1.2 Anthropometrie

Das Gesamtkollektiv wird bezüglich seiner anthropometrischen Daten (s. Kap. 3.1.1 Tab. 3.2) mit altersentsprechenden Teilnehmern der NVS II und des BGS 1998 verglichen (s. Tab. 4.2). Die 19329 Teilnehmer (53,8 % Frauen, 46,2 % Männer) der NVS II stellen eine repräsentative Stichprobe der in Privathaushalten lebenden, deutsch sprechenden Bevölkerung im Alter von 14 - 80 Jahren dar (Frauen: 60-69 Jahre, n = 1312; 70-80 Jahre, n = 713; Männer: 60-69 Jahre, n = 1277; 70-80 Jahre, n = 669). Ziel der NVS II ist es, die Ernährungsgewohnheiten und den Lebensmittelverzehr in Deutschland zu erfassen. Der BGS 1998 liefert von 7124 Frauen und Männern im Alter von 18-79 Jahren Informationen über die Gesundheit und das Gesundheitsverhalten. Dabei handelt es sich um eine repräsentative Stichprobe der deutschen Bevölkerung (Bergmann und Mensink 1999, Max Rubner-Institut 2008).

Im Mittel zeigen die Männer und Frauen des Gesamtkollektivs vergleichbare Werte bezüglich der Körpergröße gegenüber den Teilnehmern des BGS 1998 und der NVS II. Im Vergleich zu den weiblichen Teilnehmern der BGS 1998 und der NVS II sind die Frauen der vorliegenden Untersuchung im Mittel leichter, weisen einen niedrigeren BMI sowie einen geringeren Hüft- und Taillenumfang als auch eine niedrigere WHR auf, besonders

deutlich ist der Unterschied bei den Frauen > 69 Jahre. Sowohl die jüngeren als auch die älteren männlichen Probanden des Gesamtkollektivs sind im Mittel leichter, besitzen einen geringeren BMI sowie einen geringeren Taillen- als auch Hüftumfang und demnach auch eine geringere WHR als die Männer der BGS 1998 und der NVS II gleichen Alters. Demzufolge weisen die Frauen und Männer der vorliegenden Untersuchung bezüglich der anthropometrischen Daten, mit Ausnahme der Körpergröße, geringere Werte als der Bundesdurchschnitt auf. Dies kann möglicherweise darauf zurückgeführt werden, dass Senioren, die freiwillig an einer Studie zur Ernährung und Gesundheit teilnehmen, größeres Interesse an Ernährung und Gesundheit haben und somit vermehrt auf ihr Körpergewicht achten.

**Tab. 4.2: Anthropometrische Daten der Probanden der NVS II und des BGS 1998 nach Altersgruppen und Geschlecht (Max Rubner-Institut 2008, S127f, (MW  $\pm$  SE), Bergmann und Mensink 1999 (MW  $\pm$  SD))**

|                          |   | NVS II          |                 | BGS 1998         |                 |
|--------------------------|---|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                          |   | 60-69 J         | 70-80 J         | 60-69 J          | 70-79 J         |
| Körpergröße (cm)         | F | 161,1 $\pm$ 0,2 | 158,1 $\pm$ 0,2 | 159,8 $\pm$ 5,9  | 158,3 $\pm$ 6,2 |
|                          | M | 174,2 $\pm$ 0,2 | 171,9 $\pm$ 0,2 | 172,2 $\pm$ 6,4  | 170,2 $\pm$ 6,1 |
| Körpergewicht (kg)       | F | 72,4 $\pm$ 0,4  | 70,8 $\pm$ 0,5  | 73,8 $\pm$ 13,9  | 70,6 $\pm$ 11,8 |
|                          | M | 86,6 $\pm$ 0,4  | 84,0 $\pm$ 0,5  | 83,4 $\pm$ 12,6  | 80,6 $\pm$ 12,0 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | F | 27,9 $\pm$ 0,1  | 28,3 $\pm$ 0,2  | 29,0 $\pm$ 5,5   | 28,1 $\pm$ 4,3  |
|                          | M | 28,6 $\pm$ 0,1  | 28,4 $\pm$ 0,2  | 28,1 $\pm$ 3,8   | 27,8 $\pm$ 3,4  |
| Taillenumfang (cm)       | F | 89,1 $\pm$ 0,4  | 91,1 $\pm$ 0,4  | 92,9 $\pm$ 12,2  | 92,7 $\pm$ 10,6 |
|                          | M | 101,4 $\pm$ 0,3 | 103,4 $\pm$ 0,4 | 102,1 $\pm$ 10,1 | 102,0 $\pm$ 9,6 |
| Hüftumfang (cm)          | F | 105,8 $\pm$ 0,3 | 106,3 $\pm$ 0,4 | 109,8 $\pm$ 11,1 | 108,5 $\pm$ 9,2 |
|                          | M | 104,9 $\pm$ 0,2 | 105,1 $\pm$ 0,3 | 106,8 $\pm$ 7,3  | 106,4 $\pm$ 7,3 |
| WHR                      | F | 0,84 $\pm$ 0,00 | 0,86 $\pm$ 0,00 | 0,85 $\pm$ 0,06  | 0,85 $\pm$ 0,06 |
|                          | M | 0,97 $\pm$ 0,00 | 0,98 $\pm$ 0,00 | 0,95 $\pm$ 0,06  | 0,96 $\pm$ 0,06 |

F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, SE = Standardfehler

#### **4.1.3 Körperliche Aktivität**

Ein Vergleich des Gesamtkollektivs bezüglich der körperlichen Aktivität mit Teilnehmern der NVS II ist nicht möglich, da diese keine separaten Angaben zur Aktivität älterer Probanden liefert. Aus diesem Grund werden die Daten der NVS I (Adolf 1994, Herwig 1995), welche die Daten zur körperlichen Aktivität von über 54jährigen Teilnehmern aufzeigt, hinzugezogen. Die NVS I ist eine repräsentative Ernährungserhebung für Westdeutschland mit einer Teilnehmerzahl von etwa 250000. Allerdings ist der Vergleich nur eingeschränkt möglich, da das Aktivitätsverhalten in der NVS I mit einer anderen Erhebungsmethode (Sieben-Tage-Aktivitätsprotokoll) erfasst wurde und die einzelnen erhobenen körperlichen Aktivitäten anders als in der GISELA-Studie zusammengefasst wurden.

Die 60-69jährigen Frauen des Gesamtkollektivs treiben durchschnittlich 33,5 min / d und die über 69jährigen Frauen 30,7 min / d Sport (s. Kap. 3.1.1 Tab. 3.5). Die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs verbringen 53,4 min / d mit Sport und die älteren 42,1 min / d. Die weiblichen Probanden der NVS I gaben an, keine Zeit und die männlichen Probanden täglich nur 4,2 min mit Sport zu verbringen. Dagegen verbringen die Probanden der NVS I (Frauen: 51,6 min / d, Männer: 61,6 min / d) gegenüber den Teilnehmern der vorliegenden Untersuchung (Frauen: 25 min / d, Männer: 31 min / d) mehr Zeit mit Spaziergehen. Für die Haus- und Gartenarbeit sind kaum Unterschiede zwischen den beiden Studien vorhanden (NVS I: Frauen 216 min / d, Männer 137 min / d; GISELA: Frauen: 234 min / d, Männer: 130 min / d).

Des Weiteren werden für den Vergleich zum körperlichen Aktivitätsverhalten Daten aus dem BGS 1998 (Mensink 1999) und Daten des telefonischen Gesundheitssurvey 2003 (Ziese 2005, Ellert et al. 2006) berücksichtigt. In diesen beiden Studien wird der Zeitaufwand für die körperlichen Aktivitäten in h / Woche angegeben. Im BGS 1998 wurde ein anderes Erhebungsinstrument (24 h - Erinnerungsprotokoll) benutzt und andere Kategorien als in der GISELA-Studie wurden festgelegt. Es wurden die Kategorien „Schlafen“, „Sitzen“, „leichte Tätigkeiten (z.B. Kochen, Spaziergehen, Einkaufen)“, „mittelschwere Tätigkeiten (z.B. Joggen, Schwimmen, Putzen) und schwere Tätigkeiten (Holzhacken, schwere Gartenarbeit, Ballsport)“ abgefragt sowie die Zeit erfragt, die für

sportliche Aktivitäten / Woche verbraucht wurde. Die im Folgenden angegebenen Zahlen des BGS 1998 beziehen sich auf Westdeutschland. Bei den 60-69jährigen Frauen sind es etwa 11,0 % die 1-2 h / Woche, etwa 9,0 % die 2-4 h / Woche und etwa 5,0 %, die mehr als 4 h / Woche Sport betreiben. Etwa 74,0 % der 60-69jährigen Frauen verbringen weniger als 1 h / Woche mit Sport oder betreiben keinen Sport. Bei den 70-79jährigen Frauen verbringen etwa 9,0 % mit 1-2 h / Woche mit Sport, etwa 4,0 % mit 2-4 h / Woche und lediglich etwa 2,0 % mit mehr als 4 h / Woche. Der Anteil der 70-79jährigen Frauen die weniger als eine 1 h / Woche mit Sport verbringen oder keinen Sport betreiben liegt bei 82,0 %. Etwa 15,0 % der 60-69jährigen Männer verbringen 1-2 h / Woche mit Sport, etwa 10,0 % mit 2-4 h / Woche und nur etwa 9,0 % mit mehr als 4 h / Woche, ungefähr 63,0 % machen weniger als 1 h / Woche oder keinen Sport. Von den 70-79jährigen Männern betreiben 8,0 % 1-2 h / Woche Sport, etwa 8,0 % 2-4 h / Woche und lediglich etwa 6,0 % mehr als 4 h Sport in der Woche. Etwa 78,0 % der 70-79jährigen Männer verbringen weniger als 1 h / Woche mit Sport oder betreiben keinen Sport.

Das Robert-Koch-Institut führte den telefonischen Gesundheitssurvey 2003 (repräsentative Befragung) (Ziese 2005, Ellert et al. 2006) mit dem Ziel durch, für die Politik und Wissenschaft aktuelle Daten über Erkrankungen und damit verbundenen Risikofaktoren der deutschen Bevölkerung bereitzustellen. 7341 Männer und Frauen im Alter  $\geq 18$  Jahre wurden befragt, ob sie Sport treiben und wenn ja, wie viele Stunden in der Woche. Von den 60-69jährigen Frauen gaben 55,5 % an Sport zu treiben und von den über 70jährigen Frauen 31,9 %. Wobei 17,6 % der 60-69jährigen Frauen und lediglich 6,6 % der über 70jährigen Frauen mehr als 4 h / Woche Sport betreiben. Bei den Männern lag der Anteil der sportlichen 60-69jährigen bei 46,8 % und der der über 70jährigen bei 35,0 %. Im Gegensatz zu den Frauen blieb der Anteil in beiden männlichen Altersgruppen bei etwa 17,0 % für diejenigen, die über 4 h / Woche Sport betreiben. In der vorliegenden Untersuchung verbringen 7,5 % der 60-69jährigen Männer des Gesamtkollektivs 1-2 h / Woche mit Sport, wohingegen der größte Anteil (69,9 %) mehr als 4 h / Woche Sport ausüben (s. Anhang Tab. A10). Von den über 69jährigen Männern verbringen 6,7 % 1-2 h / Woche mit Sport, 70,0 % mit mehr als 4 h / Woche. Für die weiblichen Teilnehmer des GISELA-Gesamtkollektivs kann ähnliches wie für die Männer beobachtet werden. 54,0 % der Frauen zwischen 60-69 Jahren verbringen mehr als 4 h / Woche mit Sport und 6,3 % mit 1-2 h / Woche. 10,0 % der über 69jährigen Frauen üben 1-2 h / Woche Sport aus und 51,1 % mehr als 4 h / Woche. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Frauen und

Männer des GISELA-Gesamtkollektivs aktiver als der ältere Bundesdurchschnitt sind. Gründe dafür können sein, dass Menschen mit einem gehobenen Bildungsniveau – wie die GISELA-Senioren – ein größeres Gesundheitsbewusstsein und damit verbunden eine höhere körperliche Aktivität aufzeigen (Maddalozzo et al. 2004).

#### 4.1.4 Bildungsniveau

Um den Bildungsstand der Senioren des Gesamtkollektivs einschätzen zu können, werden Daten zum höchsten Schulabschluss der Teilnehmer mit Daten zum Bildungsstand der deutschen älteren Bevölkerung verglichen (Statistisches Bundesamt 2009b) (s. Tab. 4.3). Insgesamt zeigen die Probanden des Gesamtkollektivs ein höheres Bildungsniveau als der ältere deutsche Bundesdurchschnitt (s. Anhang Tab. A11). Während von den  $\geq 60$ jährigen deutschen Frauen 70,6 % und 63,7 % der  $\geq 60$ jährigen deutschen Männer einen Volksschul- oder Hauptschulabschluss besitzen, haben diese Abschlüsse nur 52,6 % der Frauen und 44,4 % der Männer des GISELA-Gesamtkollektivs erworben. Die Fachhochschul- oder Hochschulreife weisen 8,7 % der älteren Frauen und 20,3 % der älteren Männer des deutschen Bundesdurchschnitts auf. Im Vergleich dazu besitzen 12,4 % der Frauen und 30,2 % der Männer des GISELA-Gesamtkollektivs einen solchen Abschluss.

**Tab. 4.3: Verteilung (%) der Männer und Frauen ( $\geq 60$  Jahre) in Deutschland anhand des höchsten Schulabschlusses (Statistisches Bundesamt 2009b, Stand 2008)**

| Schulabschluss                                | Frauen                        | Männer                       |
|---|-------------------------------|------------------------------|
|   | $\geq 60$ J<br>(n = 11604000) | $\geq 60$ J<br>(n = 9077000) |
| Ohne allgemeinen Schulabschluss               | 4,2                           | 3,6                          |
| Volksschul- oder Hauptschulabschluss          | 70,6                          | 63,7                         |
| Realschul- oder gleichwertiger Schulabschluss | 14,7                          | 11,3                         |
| Fachhochschul- oder Hochschulreife            | 8,7                           | 20,3                         |
| Ohne Angabe zur Art des Schulabschlusses      | 0,6                           | 0,5                          |

J = Jahre

## **4.2 Veränderungen der anthropometrischen Parameter im Verlauf des Alterns**

### **4.2.1 Körpergröße**

In der vorliegenden Arbeit konnte eine Verringerung der Körpergröße mit zunehmendem Alter sowohl für die Frauen als auch für die Männer des Gesamtkollektivs beobachtet werden. Ein Unterschied zwischen den Altersgruppen konnte nur bei den Frauen beobachtet werden. Die Körpergröße der älteren Frauen verringerte sich mit 0,24 cm / Jahr deutlich stärker als bei den jüngeren Frauen, die jährlich 0,09 cm Körpergröße verloren. Für die Männer konnte eine Reduktion von 0,14 cm / Jahr ermittelt werden. Für die Frauen (jüngere und ältere) sowie für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnte ebenfalls eine Abnahme der Körpergröße von 0,17 cm / Jahr bzw. 0,10 cm / Jahr beobachtet werden.

Verschiedene Langzeitstudien haben sich mit der Veränderung der Körpergröße im Verlauf des Alterns beschäftigt (Steen et al. 1979, Noppa et al. 1980, Rissanen et al. 1988, Flynn et al. 1989, Stevens et al. 1991, Chandler und Bock 1991, Murray et al. 1996, Suominen 1997, Woo et al. 2001, Zamboni et al. 2003, Hughes et al. 2004, Hays et al. 2006, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009). Im Folgenden werden Studien vorgestellt, die diesen Zusammenhang näher untersucht haben. Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse befindet sich im Anhang in Tab. A12.

#### ***Jüngere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Hays et al. 2006** wurde die Veränderung der Körpergröße von 36 Frauen mit einem Basisalter von  $61,3 \pm 3,1$  Jahren in einer mittleren Follow-up-Periode von  $4,4 \pm 0,9$  Jahren gemessen. Die Körpergröße verringerte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) um 0,70 cm (0,16 cm / Jahr) innerhalb des untersuchten Zeitraums.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2004** wurde innerhalb von etwa 10 Jahren (im Mittel  $9,4 \pm 1,4$  Jahre) die Veränderung der Körpergröße von 54 Männern (Basisalter:  $60,6 \pm 7,8$  Jahre) und 75 Frauen (Basisalter:  $60,1 \pm 7,8$  Jahre) ermittelt. Die Körpergröße verringerte sich sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern innerhalb des untersuchten Zeitraumes signifikant ( $p < 0,01$ ). Bei den Frauen verringerte sich die

Körpergröße um  $0,80 \pm 1,20$  cm ( $0,09$  cm / Jahr), während bei den Männern eine Abnahme von  $0,70 \pm 1,20$  cm ( $0,07$  cm / Jahr) zum Follow-up Zeitpunkt gemessen werden konnte.

Zweimal im Abstand von 6,5 Jahren ermittelten **Murray et al. 1996** in ihrer Langzeitstudie die Körpergröße von 22 Männern, die zum Zeitpunkt der ersten Messung im Mittel 62,0 Jahre alt waren. Dabei konnte eine signifikante Abnahme ( $p < 0,001$ ) von  $1,60$  cm ( $0,25$  cm / Jahr) zwischen der ersten und der letzten Messung festgestellt werden.

### ***Jüngere und ältere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Rissanen et al. 1988** wurde die Veränderung der Körpergröße von 1177 Frauen und 872 Männern in einem Zeitraum von fünf Jahren zweimal untersucht. Die Teilnehmer wurden bei der Basiserhebung in die Gruppen der 60-69jährigen Frauen ( $n = 951$ ) und Männer ( $n = 722$ ) sowie in die Gruppen der  $\geq 70$ jährigen Frauen ( $n = 226$ ) und Männer ( $n = 150$ ) eingeteilt. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern konnte in beiden Altersgruppen eine Abnahme der Körpergröße während der fünf Jahre beobachtet werden. In der Gruppe der jüngeren Frauen ergab sich eine Reduktion von  $0,50 \pm 1,50$  cm ( $0,10$  cm / Jahr) und für die älteren Frauen betrug die Abnahme  $0,70 \pm 1,90$  cm ( $0,14$  cm / Jahr). Die Abnahme für die 60-69jährigen Männer belief sich auf  $0,30 \pm 1,60$  cm ( $0,06$  cm / Jahr), die für die älteren Männer auf  $0,60 \pm 1,80$  kg ( $0,12$  cm / Jahr). Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

### ***Ältere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Dey et al. 2009** wurde bei 38 Frauen und 49 Männern (Teilnehmer der *Nordic Research on Aging (NORA) - Study*) die Veränderung der Körpergröße im Verlauf von fünf Jahren beobachtet. Alle Probanden waren zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung 75,0 Jahre alt. Die Körpergröße verringerte sich für beide Geschlechter signifikant, bei den Frauen ( $p < 0,001$ ) war die Abnahme von  $0,98$  cm ( $0,20$  cm / Jahr) im Vergleich zu den Männern ( $p = 0,003$ ) mit  $0,60$  cm ( $0,12$  cm / Jahr) größer.

In der Langzeitstudie von **Zamboni et al. 2003** wurden altersabhängige Veränderungen der Körpergröße bei 101 Frauen (Basialter:  $71,6 \pm 2,1$  Jahre) und 60 Männern (Basialter:

71,8  $\pm$  2,2 Jahre) nach zwei Jahren bestimmt. Mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung wurden die Langzeitdaten ausgewertet. Für die Frauen als auch für die Männer konnte eine signifikante Abnahme ( $p = 0,001$ ) der Körpergröße von 0,55 % (0,45 cm / Jahr) bzw. 0,42 % (0,35 cm / Jahr) festgestellt werden.

**Suominen 1997** bestimmte in einer Langzeitstudie im Abstand von fünf Jahren zweimal die Körpergröße von zwei Altersgruppen. Die eine Gruppe bestand aus 124 Frauen und 64 Männern, die zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung 75,0 Jahre alt waren. Die andere Gruppe setzte sich aus 63 Frauen und 24 Männern zusammen, die zum Zeitpunkt der ersten Messung 80,0 Jahre alt waren. Bei den jüngeren Frauen konnte innerhalb der fünf Jahre eine signifikante Abnahme ( $p < 0,001$ ) von 1,60 cm (0,32 cm / Jahr) aufgezeigt werden, bei den älteren Probandinnen betrug die Abnahme 1,30 cm (0,26 cm / Jahr) ( $p < 0,001$ ). In beiden männlichen Altersgruppen verringerte sich die Körpergröße signifikant ( $p < 0,001$ ) um 1,00 cm (0,20 cm / Jahr) während des Erhebungszeitraums.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ältere Senioren ( $> 70$  Jahre) im Verlauf des Alterns stärker an Körpergröße verlieren als jüngere Senioren. Für die älteren Frauen konnte eine Reduktion von 0,14-0,45 cm / Jahr und für die älteren Männer von 0,12-0,35 cm / Jahr beobachtet werden (Steen 1979, Rissanen et al. 1988, Suominen 1997, Woo et al. 2001, Zamboni et al. 2003, Dey et al. 2009). Im Vergleich dazu zeigen einige Studien (Flynn et al. 1989, Rissanen et al. 1988, Hughes et al. 2004, Hays et al. 2006), die vorwiegend oder mitunter jüngere Senioren (ab ca. 55-69 Jahre) untersucht haben, eine Reduktion der Körpergröße von 0,08-0,16 cm / Jahr für jüngere Frauen bzw. von 0,06-0,07 cm / Jahr für jüngere Männer. Einzig Murray et al. 1996 zeigten für jüngere männliche Senioren eine Veränderung von 0,25 cm / Jahr. In der GISELA-Studie konnte für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs ebenfalls eine stärkere Abnahme im Vergleich zu den jüngeren Frauen aufgezeigt werden (0,24 vs. 0,09 cm / Jahr). Für die Männer des Gesamtkollektivs und die Frauen des Teilkollektivs konnte hingegen kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ermittelt werden.

Weiterhin kann anhand der Studienlage aufgezeigt werden, dass sich die Abnahme der Körpergröße für die Frauen zwischen 0,08-0,32 cm / Jahr und für die männlichen Probanden zwischen 0,06-0,27 cm / Jahr bewegt. Analog zu den älteren Frauen und Männern der GISELA-Studie beschreiben die Mehrzahl der Studien (Steen et al. 1979,



Flynn et al. 1989, Stevens et al. 1991, Suominen 1997, Zamboni et al. 2003, Hughes et al. 2004, Dey et al. 2009) bei den Frauen eine größere Abnahme als bei den Männern. Davon abweichende Ergebnisse zeigen beispielsweise Woo et al. 2001, bei denen sowohl die männlichen als auch die weiblichen Probanden eine Abnahme in der gleichen Größenordnung (0,30 cm / Jahr) aufwiesen.

Physiologische Gründe für die Reduktion der Körpergröße, sowohl für die Frauen als auch für die Männer, sind in erster Linie die Kompression der Zwischenwirbelscheiben (Dey et al. 2001) und eine stärkere Rückenkrümmung im Brustwirbelbereich (Perissinotto et al. 2002). Ursächlich für die beobachtete stärkere Abnahme der Körpergröße der Frauen gegenüber den Männern könnte sein, dass Frauen etwa zwei Jahrzehnte früher als Männer an einer Osteoporose erkranken können, woraus eine verstärkte Verkrümmung im Rumpfbereich (Kyphose) resultiert (Kleerekoper et al. 1992, Gunnes et al. 1996). Das stärkere Ausmaß einer Osteoporose im hohen Alter könnte ebenfalls eine Erklärung dafür sein, dass bei beiden Geschlechtern die Abnahme der Körpergröße im älteren Kollektiv deutlicher ist als im jüngeren.

#### **4.2.2 Körpergewicht**

In der vorliegenden Arbeit konnte für die jüngeren Frauen (60-69 Jahre) des Gesamt- als auch des Teilkollektivs eine Zunahme des Körpergewichts von 0,15 kg / Jahr im Verlauf des Alterns beobachtet werden. Dahingegen konnte für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs eine Abnahme des Körpergewichts von 0,18 kg / Jahr und für die älteren Frauen des Teilkollektivs von 0,35 kg / Jahr festgestellt werden. Die jüngeren männlichen Senioren des Gesamtkollektivs erhöhten ihr Körpergewicht um 0,07 kg / Jahr, während sich bei den Männern > 69 Jahre das Körpergewicht mit zunehmendem Alter nicht veränderte. Für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnte ebenfalls keine Veränderung beobachtet werden.

Die Veränderung des Körpergewichts im Verlauf des Alterns wurde in verschiedenen Langzeitstudien (Borkan und Norris 1977, Steen et al. 1979, Stevens et al. 1991, Aniansson et al. 1992, Murray et al. 1996, Suominen 1997, Dey et al. 1999, Gallagher et al. 2000, Song et al. 2004, Hays et al. 2006, Fantin et al. 2007, Ebrahimi-Mameghani et al.

2008, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009) untersucht. Eine kontinuierliche Zunahme des Körpergewichts bei Frauen und Männern bis etwa zum 50sten bzw. 60sten Lebensjahr kann übereinstimmend in der Literatur belegt werden (Noppa et al. 1980, Shimokata et al. 1989, Carmelli et al. 1991, Stevens et al. 1991, Guo et al. 1999), während die Studienlage für Senioren über 60 Jahre ein uneinheitliches Bild aufzeigt. Im Folgenden werden daher Studien bezüglich des Körpergewichts mit überwiegend älteren Probanden diskutiert. Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse befindet sich im Anhang in Tab. A13.

### ***Jüngere Senioren***

**Ebrahimi-Mameghani et al. 2008** untersuchten in ihrer Langzeitstudie bei 582 Frauen und 462 Männern Veränderungen des Körpergewichts über eine Zeitspanne von neun Jahren. Die Untersuchung ist Teil der *West Of Scotland Twenty-07 Study: Health in the Community*. Die Probanden wurden bei der ersten Erhebung in die zwei Alterskohorten, 39 Jahre und 59 Jahre, eingeteilt. Sowohl für die ältere Kohorte der Frauen ( $n = 278$ ) als auch der Männer ( $n = 212$ ) wurde ein Anstieg des Körpergewichts beobachtet. Die älteren Frauen nahmen  $1,60 \pm 6,50$  kg ( $0,18$  kg / Jahr) und die älteren Männer  $2,20 \pm 6,40$  kg ( $0,24$  kg / Jahr) im Verlauf der neun Jahre zu. Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

**Hays et al. 2006** untersuchten in ihrer Langzeitstudie die Veränderung des Körpergewichts bei 36 Frauen mit einem Basisalter von  $61,3 \pm 3,1$  Jahren. Der Follow-up Zeitraum lag im Mittel bei  $4,4 \pm 0,9$  Jahren. In diesem Zeitraum veränderte sich das Körpergewicht der Frauen nicht signifikant.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2004** wurde die Veränderung des Körpergewichts von 75 Frauen (Basisalter:  $60,1 \pm 7,8$  Jahre) und 54 Männern (Basisalter:  $60,6 \pm 7,8$  Jahre) in einer mittleren Follow-up Periode von  $9,4 \pm 1,4$  Jahren bestimmt. Für die Frauen konnte ein signifikanter Anstieg ( $p < 0,05$ ) des Körpergewichts von  $1,10 \pm 5,20$  kg ( $0,12$  kg / Jahr) beobachtet werden, in der Gruppe der Männer konnte keine Veränderung festgestellt werden.

**Guo et al. 1999** untersuchten in einer Langzeitstudie die Veränderung des Körpergewichts von 210 Teilnehmern (108 Frauen und 102 Männer, Basisalter: 40-64 Jahre) der *Fels*

*Longitudinal Studie* in einer mittleren Follow-up Periode von  $9,1 \pm 5,3$  Jahren. Mehr als 70 % der Teilnehmer nahmen länger als fünf Jahre und etwa 20 % der Probanden mehr als 15 Jahre an der Studie teil. Um festzustellen, ob im Verlauf des Alterns ein signifikanter Trend bezüglich der Veränderungen der abhängigen Variablen vorlag, wurde eine lineare Regressionsanalyse mit Messwiederholung (SAS PROC MIXED) getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Die Frauen erhöhten signifikant ihr Körpergewicht im Verlauf des Alterns um  $0,55 \pm 0,06$  kg / Jahr ( $p < 0,05$ ). Für die Männer konnte ein altersabhängiger Anstieg von  $0,30 \pm 0,06$  kg / Jahr ( $p < 0,05$ ) festgestellt werden.

### ***Ältere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Dey et al. 2009** wurde bei 87 Teilnehmern der *Nordic Research on Aging (NORA)-study* (49 Frauen und 38 Männer) neben weiteren Parametern die Veränderung des Körpergewichts über einen Beobachtungszeitraum von fünf Jahren festgehalten. Alle Probanden waren zum Zeitpunkt der Basismessung 75,0 Jahre alt. Bezüglich des Körpergewichts konnte sowohl für die Frauen als auch für die Männer keine Veränderung aufgezeigt werden.

**Fantin et al. 2007** bestimmten in ihrer Langzeitstudie bei 97 Frauen (Basisalter:  $71,3 \pm 2,2$  Jahre) und 62 Männern (Basisalter:  $71,6 \pm 2,3$  Jahre) das Körpergewicht zum Studienzeitpunkt null, nach zwei Jahren und nach 5,5 Jahren. Um festzustellen, ob im Verlauf der untersuchten Intervalle ein signifikanter Trend vorlag, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Sowohl für die Frauen als auch für die Männer konnte keine signifikante Veränderung des Körpergewichts beobachtet werden.

In der Langzeitstudie von **Zamboni et al. 2003** wurden altersabhängige Veränderungen des Körpergewichts bei 101 Frauen (Basisalter:  $71,6 \pm 2,1$  Jahre) und 60 Männern (Basisalter:  $71,8 \pm 2,2$  Jahre) nach einem und nach zwei Jahren bestimmt. Mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung wurden die Langzeitdaten ausgewertet. Für die Frauen als auch für die Männer konnte keine Veränderung bezüglich des Körpergewichts aufgezeigt werden.

**Woo et al. 2001** untersuchten in ihrer Langzeitstudie die Veränderung des Körpergewichts von 545 Frauen und 531 Männern über einen Zeitraum von drei Jahren. Die Frauen waren zum Zeitpunkt der ersten Messung  $79,0 \pm 7,1$  Jahre und die Männer  $77,5 \pm 5,9$  Jahre alt. Bei den Frauen konnte eine Abnahme von  $1,60 \pm 5,30$  kg ( $0,53$  kg / Jahr) aufgezeigt werden. Das Körpergewicht der Männer verringerte sich um  $1,70 \pm 4,40$  kg ( $0,57$  kg / Jahr). Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

**Dey et al. 1999** untersuchten in ihrer Langzeituntersuchung die Veränderung des Körpergewichts von 53 Frauen und 33 Männern, die zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung 70,0 Jahre alt waren. Die Probanden nahmen dazu an acht Untersuchungsterminen innerhalb von 18 Jahren teil. Um festzustellen, ob eine Veränderung des Körpergewichts im Verlauf des Erhebungszeitraums vorlag, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Eine signifikante Abnahme des Körpergewichts ( $p < 0,001$ ) von 6,40 kg ( $0,36$  kg / Jahr) konnte für die Frauen und 3,20 kg ( $0,18$  kg / Jahr) für die Männer beobachtet werden.

Bei zusammenfassender Betrachtung der Studien konnten im Verlauf des Alterns zunehmende, abnehmende und konstante Körpergewichtsverläufe beobachtet werden. Dieses unterschiedliche Bild kann mitunter dadurch erklärt werden, dass viele der Studien keine Trennung des Kollektivs in alte und junge Probanden vornahmen.

Die Mehrheit der Studien, die mitunter oder ausschließlich jüngere Probanden untersucht haben (ca. 55-70 Jahre), zeigen eine Zunahme des Körpergewichts zwischen  $0,18$ - $0,55$  kg / Jahr für die weiblichen und zwischen  $0,10$ - $0,34$  kg / Jahr für die männlichen Probanden (Noppa et al. 1980, Shimokata et al. 1989, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2004, Ebrahimi-Mameghani et al. 2008). Dies ist konform mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit. Die Zunahmen für die jüngeren weiblichen ( $0,15$  kg / Jahr; Gesamt- und Teilkollektiv) als auch für die jüngeren männlichen ( $0,07$  kg / Jahr (Gesamtkollektiv); tendenzielle Zunahme ( $p = 0,0647$ ) im Teilkollektiv von  $0,19$  kg / Jahr) GISELA-Teilnehmer bewegen sich dabei im unteren Bereich der beobachteten Veränderungen aus den Studien der Literatur. Das Ergebnis ist vermutlich darin begründet, dass die Altersklassen in den Vergleichsstudien unterschiedlich gewählt wurden. Während Guo et al. 1999, Shimokata et al. 1989, Hughes et al. 2004 und Ebrahimi-Mameghani et al. 2008 Probanden mit einem Alter unter 60 Jahren in ihre (jüngeren) Kollektive aufgenommen haben, wurden in der GISELA-Studie

ausschließlich Probanden zwischen 60 und 69 Jahren in das jüngere Kollektiv aufgenommen, wodurch insgesamt ein höheres Durchschnittsalter bei Beginn der Messungen vorlag.

Einige wenige Studien fanden keine signifikante Veränderung des Körpergewichts bei ihren Probanden (Murray et al. 1996, Hays et al. 2006, Hughes et al. 2004). In der Studie von Murray et al. 1996 wird von den Autoren darauf hingewiesen, dass das Kollektiv besonders gesundheitsbewusst und körperlich fit war und die Probanden daher vermutlich besonders auf ihr Körpergewicht geachtet haben. Des Weiteren kann ebenso die geringe Anzahl an Probanden in den drei Studienkollektiven (Murray et al. 1996, Hays et al. 2006, Hughes et al. 2004) ursächlich dafür sein. Im Widerspruch zu den bisher beschriebenen Beobachtungen steht die Studie von Rissanen et al. 1988, da die Autoren für ihre jüngeren weiblichen als auch männlichen Kollektive eine Abnahme des Körpergewichts mit zunehmendem Alter aufzeigen konnten. Möglicherweise könnten gesundheitliche Einschränkungen der Kollektive von Rissanen et al. 1988 die vorzeitige Abnahme des Körpergewichts im Vergleich zur GISELA-Studie und den anderen Studien aus der Literatur erklären. Jedoch lieferten Rissanen et al. 1988 keine Informationen zum Gesundheitsstatus ihrer Teilnehmer.

Für ältere Frauen und Männer (> 70 Jahre) zeigen die Ergebnisse aus der Literatur ein konstantes (Zamboni et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009) bis sinkendes Körpergewicht (Steen et al. 1979, Steen et al. 1985, Suominen 1997, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001), wobei die Abnahme für die älteren Frauen zwischen 0,30-0,70 kg / Jahr (Steen et al. 1979, Steen et al. 1985, Rissanen et al. 1988, Suominen 1997, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001) und für die älteren Männer zwischen 0,36-0,58 kg / Jahr liegt (Steen et al. 1979, Steen et al. 1985, Rissanen et al. 1988, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001). In der GISELA-Studie wurde für die älteren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs analog zur Literaturlage eine Körpergewichtsabnahme beobachtet. Für die älteren männlichen Kollektive (Zamboni et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009) konnte keine Veränderung im Körpergewicht ermittelt werden, das konnte ebenfalls durch die vorliegende Studie (Gesamtkollektiv) bestätigt werden.

Anhand der Studienlage und den Ergebnissen der GISELA-Studie (Zunahmen bei den jüngeren und Abnahmen bei den älteren Frauen) kann vermutet werden, dass die Veränderungen des Körpergewichts bei den Frauen stärker ausgeprägt sind als bei den Männern (Rissanen et al. 1988, Suominen 1997, Guo et al. 1999, Visser et al. 2003, Hughes et al. 2004).

Zusammenfassend kann sowohl in der Literatur als auch in der GISELA-Studie zunächst eine Zunahme des Körpergewichts verzeichnet werden, welches ab einem gewissen Alter in ein Plateau (gleichbleibendes Körpergewicht) oder eine Abnahme des Körpergewichts übergeht. Diese Entwicklung ist individuell unterschiedlich, findet jedoch vermutlich zwischen dem 65. und 70. Lebensjahr statt.

Demnach kann sich der gesundheitliche Zustand auf den Zeitpunkt auswirken, an dem die beschriebene Körpergewichtsabnahme eintritt. Daher kann ein konstantes oder leicht ansteigendes Körpergewicht, wie es bei den GISELA-Teilnehmern in der Probandengruppe bis 70 Jahren beobachtet wurde, möglicherweise einen guten Gesundheitszustand widerspiegeln. Ein früher Übergang von einer Körpergewichtszunahme auf ein gleich bleibendes bzw. abnehmendes Körpergewicht kann hingegen auf ein gesundheitlich eingeschränktes Kollektiv hinweisen. Somit kann spekuliert werden, dass Veränderungen im Körpergewicht nicht allein auf den Alterungsprozess zurück geführt werden können, sondern andere Faktoren, wie z. B. der gesundheitliche Status, eine zunehmend größere Rolle spielen.

Als mögliche Erklärung für die Körpergewichtszunahme im Alter wird in der Literatur eine abnehmende körperliche Aktivität (Rising et al. 1994, Weinsier et al. 2002, Kyle et al. 2004c) und damit einhergehend ein sinkender Energiebedarf diskutiert (Elia et al. 2000). Zudem findet eine Abnahme des GU mit zunehmendem Alter statt (Poehlman et al. 1993, Henry 2000, Krems et al. 2005, Lührmann et al. 2010). Beides führt schließlich zu einer Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs (Elia et al. 2000). Wird die Energiezufuhr den Veränderungen im Energiebedarf nicht angepasst, führt dies zu einer positiven Energiebilanz, wodurch das Körpergewicht, vor allem durch eine Zunahme der Fettmasse, ansteigt (Poehlman et al. 1994, Going et al. 1995, Evans 1997).

Die Verminderung der Nahrungszufuhr ist vermutlich eine der Hauptursachen für die unabsichtliche Körpergewichtsabnahme mit zunehmendem Alter (Morley 1997, Morley 2001). Morley 1997 beschreibt physiologische und nicht-physiologische Ursachen, die mit der verminderten Nahrungszufuhr im Alter zusammenhängen. Physiologische Veränderungen, wie altersabhängiger Appetitsverlust (Anorexie; veränderte Regulation von Sättigungs- und Hungersignalen) (Sturm et al. 2003), altersabhängige Veränderungen im Geschmack- und Geruchsempfinden (Schiffman und Graham 2000, Steinbach et al. 2008), Zahngesundheit (Krall et al. 1998) sowie gastrointestinale Veränderungen (Clarkston et al. 1997, MacIntosh et al. 1999) können die Nahrungsaufnahme im Alter negativ beeinflussen. Nicht-physiologische Ursachen dagegen können soziale Faktoren (niedriges Einkommen, soziale Isolierung) (De Castro und De Castro 1989, Fischer und Johnson 1990), psychologische Probleme (Depressionen, Alkoholismus) (Fischer und Johnson 1990, Reife 1995), Krankheiten sowie eine durch Medikamenteneinnahme ausgelöste Anorexie sein (Reife 1995, Morley 1997).

#### **4.2.3 Body-Mass-Index**

In der vorliegenden Langzeituntersuchung der GISELA-Studie konnte für die 60-69jährigen Frauen des Gesamt- sowie des Teilkollektivs ein jährlicher Anstieg des BMI von  $0,08 \text{ kg/m}^2$  mit zunehmendem Alter aufgezeigt werden. Die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs veränderten ihren BMI nicht. Für die Männer des Gesamtkollektivs ergaben sich sowohl für die jüngeren (60-69 Jahre) als auch für die älteren Senioren ( $> 69$  Jahre) keine signifikanten Veränderungen, während die jüngeren Männer des Teilkollektivs ihren BMI um  $0,09 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$  mit fortlaufendem Lebensalter erhöhten.

In dem folgenden Kapitel werden Langzeitstudien (Rissanen et al. 1988, Shimokata et al. 1989, Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2004, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001, Song et al. 2004, Rossi et al. 2008) vorgestellt, welche die Veränderung des BMI mit zunehmendem Alter untersucht haben. Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse befindet sich im Anhang in Tab. A14.

### ***Jüngere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2004** wurde die Veränderung des BMI von 54 Männern (Basisalter:  $60,6 \pm 7,8$  Jahre) und 75 Frauen (Basisalter:  $60,1 \pm 7,8$  Jahre) in einer mittleren Follow-up Periode von  $9,4 \pm 1,4$  Jahren ermittelt. Bei den Frauen stieg der BMI signifikant ( $p < 0,05$ ) um  $0,70 \pm 2,0 \text{ kg/m}^2$  ( $0,07 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$ ) innerhalb des untersuchten Zeitraums an. Für die Männer hingegen konnte keine Veränderung aufgezeigt werden.

**Guo et al. 1999** untersuchten in einer Langzeitstudie inwieweit sich der BMI von 210 Teilnehmern (108 Frauen und 102 Männer, Basisalter: 40-64 Jahre) der *Fels Longitudinal Studie* in einer mittleren Follow-up Periode von  $9,1 \pm 5,3$  Jahren veränderte. Mehr als 70 % der Teilnehmer nahmen länger als fünf Jahre und etwa 20 % mehr als 15 Jahre an der Studie teil. Um festzustellen, ob im Verlauf des Alterns ein signifikanter Trend bezüglich der Veränderungen der abhängigen Variablen vorlag, wurde eine Regressionsanalyse mit Messwiederholung (SAS PROC MIXED) getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Für die Frauen konnte ein signifikanter Anstieg ( $p < 0,05$ ) des BMI um  $0,22 \pm 0,02 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$  aufgezeigt werden. Der BMI der Männer stieg mit dem Alter jährlich um  $0,11 \pm 0,02 \text{ kg/m}^2$  ( $p < 0,05$ ).

In einer Langzeitstudie ermittelten **Siervogel et al. 1998** die Veränderung des BMI bei 53 Frauen und 62 Männern. Zum Zeitpunkt der Basiserhebung waren die Frauen und Männer zwischen 45 und 65 Jahre alt. Die mittlere Follow-up Periode für die Frauen belief sich auf  $10,0 \pm 4,8$  Jahre, die der Männer auf  $9,4 \pm 4,6$  Jahre. Mit Hilfe von linearen Regressionsanalysen wurden die jährlichen Veränderungen des BMI kalkuliert, wenn die Probanden mindestens an zwei Messungen im Verlauf der Untersuchungsperiode teilgenommen haben. Der BMI der Frauen erhöhte sich um  $0,16 \pm 0,43 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$  ( $p < 0,001$ ), für die Männer konnte ein Anstieg von  $0,12 \pm 0,24 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$  ( $p < 0,05$ ) festgestellt werden.

### ***Ältere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Rossi et al. 2008** wurde von 47 Frauen und 30 Männern der BMI innerhalb von sieben Jahren zweimal ermittelt. Die Frauen waren bei der Basiserhebung  $71,6 \pm 2,3$  Jahre alt, die Männer  $71,7 \pm 2,2$  Jahre. Weder für die Frauen



noch für die Männer konnte eine signifikante Veränderung des BMI innerhalb des Untersuchungszeitraumes aufgezeigt werden.

**Fantin et al. 2007** bestimmten in ihrer Langzeitstudie von 97 Frauen (Basialter:  $71,3 \pm 2,2$  Jahre) und 62 Männern (Basialter:  $71,6 \pm 2,3$  Jahre) die Veränderungen des BMI zum Zeitpunkt null, nach zwei Jahren und nach 5,5 Jahren. Um festzustellen, ob im Verlauf der untersuchten Intervalle ein signifikanter Trend vorlag, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Sowohl für die Frauen als auch für die Männer konnte keine signifikante Veränderung für den BMI im Erhebungszeitraum beobachtet werden.

**Woo et al. 2001** beschrieben in ihrer Langzeitstudie die Veränderung des BMI von 524 Frauen und 520 Männern über eine Follow-up-Periode von drei Jahren. Die Frauen waren zum Zeitpunkt der ersten Messung  $79,0 \pm 7,1$  Jahre und die Männer  $77,5 \pm 5,9$  Jahre alt. Der BMI verringerte sich sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern innerhalb des untersuchten Zeitraumes. Die Frauen verringerten ihren BMI um  $0,50 \pm 2,50 \text{ kg/m}^2$  ( $0,17 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$ ) und die Männer um  $0,40 \pm 1,80 \text{ kg/m}^2$  ( $0,13 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$ ). Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

**Dey et al. 1999** ermittelten in ihrer Langzeituntersuchung die Veränderung des BMI von 48 Frauen und 32 Männern an acht Untersuchungsterminen in einem Zeitraum von 18 Jahren. Zum Zeitpunkt der ersten Messung waren die Probanden 70 Jahre alt. Um einen Trend bezüglich der Veränderung im Verlauf der Zeit feststellen zu können, wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Die Angaben der Signifikanz beziehen sich auf die Trendanalyse. Für die Frauen konnte eine signifikante Abnahme ( $p < 0,05$ ) von  $0,90 \text{ kg/m}^2$  ( $0,05 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$ ) aufgezeigt werden. Im männlichen Kollektiv ergab sich eine signifikante Abnahme ( $p < 0,01$ ) von  $0,30 \text{ kg/m}^2$  ( $0,02 \text{ kg/m}^2 / \text{Jahr}$ ) während der 18 Jahre.

Insgesamt beschreiben die Ergebnisse aus der Literatur ein uneinheitliches Bild bezüglich des Verlaufs des BMI. Bei der Betrachtung der Studienergebnisse, unterteilt in Altersgruppen, lässt sich jedoch eine Entwicklung mit zunehmendem Alter beobachten. Für die Gruppe der jüngeren Senioren (55-70 Jahre) kann mehrheitlich eine Zunahme (Shimokata et al. 1989, Guo et al. 1999, Siervogel et al. 1998, Hughes et al. 2004, Ebrahimi-

Mameghani et al. 2008) beobachtet werden, wobei der BMI der Frauen zwischen 0,07-0,22 kg/m<sup>2</sup> / Jahr und der der Männer zwischen 0,05-0,12 kg/m<sup>2</sup> / Jahr zunimmt. Die Beobachtungen sowohl für die jüngeren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs der vorliegenden Arbeit können die Ergebnisse aus der Literatur bestätigen, da ebenfalls ein Anstieg des BMI festgestellt werden konnte. Ursächlich hierfür ist die beobachtete Abnahme der Körpergröße und Zunahme des Körpergewichts. Keine Veränderung des BMI konnten lediglich Hughes et al. 2004 für ihre männlichen Teilnehmer beobachten sowie Hays et al. 2006 für ihre weiblichen Probanden. In beiden Studien kann aber ein leicht sinkendes bzw. konstantes Körpergewicht und eine Verringerung der Körpergröße beobachtet werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch - vermutlich aufgrund der geringen Veränderungen und der kleinen Kollektive - keine statistische Signifikanz.

In der GISELA-Studie ergaben sich für die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs trotz Abnahme der Körpergröße und Zunahme des Körpergewichts mit zunehmendem Alter keinerlei signifikante Veränderungen für den BMI. Der demnach erwartete Anstieg des BMI mit zunehmendem Alter ließ sich statistisch nur bei den jüngeren Männern des Teilkollektivs nachweisen.

Für die Gruppe der älteren Senioren (>70 Jahre) wurden keine Veränderungen (Shimokata et al. 1989, Gallagher et al. 2000, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009) oder Abnahmen für die Frauen zwischen 0,07-0,26 kg /m<sup>2</sup> / Jahr (Rissanen et al. 1988, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001) und für die Männer zwischen 0,07-0,13 kg /m<sup>2</sup> / Jahr (Rissanen et al. 1988, Dey et al. 1999, Woo et al. 2001) beobachtet. Lediglich Zamboni et al. 2003 konnten sowohl für ihre älteren Frauen als auch Männer eine signifikante Zunahme von 0,15 kg /m<sup>2</sup> / Jahr für den BMI aufzeigen. Die Zunahme des BMI für die Frauen und Männer aus der Studie von Zamboni et al. 2003 lässt sich über ein gleich bleibendes Körpergewicht und eine signifikante Abnahme der Körpergröße erklären. In der vorliegenden Untersuchung kann für die älteren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs keine signifikante Veränderung des BMI aufgezeigt werden. Analog zu den Ergebnissen aus der Literatur kann demnach für die Frauen (jüngere und ältere) der GISELA-Studie für den BMI ein zunächst ansteigender Verlauf aufgezeigt werden, der dann mit zunehmendem Alter in ein Plateau übergeht. Für die älteren Männer der GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) konnte ebenfalls keine Veränderung des BMI festgestellt werden. Obwohl die abnehmende Körpergröße bei konstantem Körpergewicht

einen Anstieg des BMI erwarten lässt, konnte hier keine statistische Signifikanz ermittelt werden.

Insgesamt bestätigt das Ergebnis aus der GISELA-Studie den Trend der Literatur. Die Mehrheit der hier aufgeführten Studien zeigt einen Wendepunkt für die Entwicklung des BMI mit zunehmendem Alter bei den älteren Senioren. Dieser Wendepunkt beschreibt einen Übergang zwischen dem zunächst steigenden BMI (bei den jüngeren Kollektiven) in ein Plateau (konstanter BMI) oder in manchen Fällen in einen abnehmenden BMI. So beschreibt der Verlauf des BMI über das Alter eine Kurve, ähnlich dem Verlauf des Körpergewichts (s. Kap. 4.2.2 S 80).

Die Studien aus der Literatur lassen die Vermutung zu, dass die Veränderung des BMI für die Frauen im Vergleich zu den Männern ausgeprägter ist (Rissanen et al. 1988, Shimokata et al. 1989, Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999, Woo et al. 2001, Hughes et al. 2004). Hierbei ist vor allem bei den jüngeren Kollektiven der Anstieg des BMI für die Frauen im Vergleich zu den Männern größer. Die jüngeren Frauen beider Kollektive der GISELA-Studie zeigen ebenfalls einen Anstieg im Vergleich zu den jüngeren GISELA-Männern des Gesamtkollektivs, deren BMI sich nicht ändert. Mit zunehmendem Alter scheinen sich die beiden Geschlechter wieder anzunähern, bis letztendlich sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern keine Veränderung des BMI mehr zu beobachten ist. Diese Entwicklung kann durch die älteren GISELA-Teilnehmer bestätigt werden.

Da sich der BMI aus den beiden Parametern Körpergewicht und Körpergröße berechnet und mögliche Gründe für die Veränderung von Körpergröße und Körpergewicht bereits in den Kap. 4.2.1 S 75 und 4.2.2 S 80f diskutiert wurden, wird an dieser Stelle nicht erneut darauf eingegangen. Es lässt sich auch hier annehmen, dass ein zunehmender bzw. konstanter Verlauf des BMI mit einem guten Gesundheitsstatus der untersuchten Kollektive in Verbindung gebracht werden kann.

#### **4.2.4 Oberarm-, Taillen-, Hüftumfang, und Waist-Hip-Ratio**

Im Gegensatz zum Oberarmumfang sind die Messpunkte für den Taillen- und den Hüftumfang und demnach auch für die WHR in der Literatur nicht einheitlich definiert. In

der vorliegenden Arbeit wird nicht näher auf diese Problematik eingegangen, dennoch wird darauf hingewiesen, dass dadurch methodenbedingte Unterschiede in den Ergebnissen auftreten können (Jakicic et al. 1993). Die Messung der Körperumfänge als auch der WHR können zur indirekten Bestimmung der Fettverteilung zwischen zentralen und peripheren Körperbereichen genutzt werden (Bouchard et al. 1990).

In der vorliegenden Untersuchung erhöhte sich der Hüftumfang mit zunehmendem Alter bei den jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs signifikant um 0,30 cm / Jahr, während für die Frauen über 69 Jahre keine Veränderung aufgezeigt werden konnte. Der Hüftumfang der jüngeren Männer des Teilkollektivs zeigte im Verlauf des Alterns eine jährliche signifikante Zunahme von 0,61 cm, während weder für die jüngeren noch älteren Frauen des Teilkollektivs eine signifikante Veränderung beobachtet werden konnte.

Der Taillenumfang und die WHR veränderten sich weder im Gesamtkollektiv der Frauen noch im Teilkollektiv mit fortschreitendem Lebensalter. Für die Männer des Gesamtkollektivs konnten ebenso keinerlei signifikante Veränderungen im Verlauf des Alterns bezüglich des Taillen-, des Hüftumfang und der WHR festgestellt werden. Während der Taillenumfang der jüngeren Männer des Teilkollektivs sich um 0,51 cm / Jahr signifikant erhöhte.

Der Oberarmumfang verringerte sich sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs um 0,08 cm / Jahr, für die jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs konnte eine Abnahme von 0,18 cm / Jahr aufgezeigt werden. Für beide männlichen Altersgruppen des GISELA-Gesamtkollektivs konnte ebenfalls eine signifikante Reduktion des Oberarmumfangs von 0,12 cm / Jahr beobachtet werden, wohingegen für die jüngeren Männer des Teilkollektivs keine Veränderung festgestellt werden konnte.

Die Veränderungen der Körperumfänge (Oberarm-, Taillen- und Hüftumfang) sowie die WHR wurden mit zunehmendem Alter in verschiedenen Langzeitstudien (Noppa et al. 1980, Pařízková und Eiselt 1980, Shimokata et al. 1989, Carmelli et al. 1991, Stevens et al. 1991, Stookey et al. 2001, De Groot et al. 2002, Hughes et al. 2004, Derby et al. 2006, Rossi et al. 2008, Ong et al. 2009) betrachtet. Die Mehrzahl der hier aufgeführten Studien betrachtete jedoch vorwiegend die Veränderung des Taillenumfangs im Verlauf des Alterns. Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse bezüglich Taillen-, Hüftumfang, WHR und Oberarmumfang befindet sich im Anhang Tab. A15-A18.

### ***Jüngere Senioren***

In der Langzeitstudie (*The Massachusetts Male Ageing Study*) von **Derby et al. 2006** wurde bei 942 Männern mit einem Basisalter zwischen 40 und 70 Jahren (mittleres Alter:  $53,3 \pm 8,2$  Jahre) die Veränderung des Taillenumfangs sowie der WHR in einem mittleren Erhebungszeitraum von 8,9 Jahren untersucht. Der Taillenumfang erhöhte sich um 3,80 cm ( $0,43 \text{ cm / Jahr}$ ), die WHR erhöhte sich um 0,02 ( $0,002 \text{ / Jahr}$ ). Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2004** wurde untersucht, inwieweit sich die Körperumfänge von 54 Männern (Basisalter:  $60,6 \pm 7,8$  Jahre) und 75 Frauen (Basisalter:  $60,1 \pm 7,8$  Jahre) während einer mittleren Follow-up-Periode von  $9,4 \pm 1,4$  Jahre verändert haben. Der Taillenumfang erhöhte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) bei den Frauen ( $n = 70$ ) um  $4,00 \pm 6,80 \text{ cm}$  ( $0,43 \text{ cm / Jahr}$ ), während für den Hüftumfang ( $n = 45$ ) keine Veränderung aufgezeigt werden konnte. Für die Männer konnte dagegen keine Veränderung für den Taillenumfang ( $n = 46$ ), aber eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Abnahme des Hüftumfangs ( $n = 35$ ) von  $2,70 \pm 3,00 \text{ cm}$  ( $0,29 \text{ cm / Jahr}$ ) beobachtet werden. Die WHR erhöhte sich für die Frauen ( $n = 42$ ) signifikant ( $p < 0,001$ ) um  $0,03 \pm 0,05$  ( $0,003 \text{ / Jahr}$ ), während bei den Männern ( $n = 34$ ) keine Veränderung festgestellt werden konnte. Der Oberarmumfang verringerte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) sowohl bei den Frauen um  $0,50 \pm 2,30 \text{ cm}$  ( $0,05 \text{ cm / Jahr}$ ) als auch bei den Männern um  $1,90 \pm 2,10 \text{ cm}$  ( $0,20 \text{ cm / Jahr}$ ).

In der Langzeitstudie von **Carmelli et al. 1991** wurde die Veränderung des Taillenumfangs von 310 männlichen Teilnehmern der *Western Collaborative Group Study* im Abstand von 23 Jahren zweimal gemessen. Bei der ersten Untersuchung waren die Probanden zwischen 51,0 und 62,0 Jahre alt. Für die Teilnehmer konnte eine signifikante Zunahme von  $3,50 \pm 7,00 \text{ cm}$  ( $0,15 \text{ cm / Jahr}$ ) festgestellt werden.

**Noppa et al. 1980** untersuchten in einer Langzeitstudie bei 65 Frauen die Veränderung des Taillenumfangs sowie des Oberarmumfangs zu zwei Zeitpunkten innerhalb von sechs Jahren. Die Probandinnen waren zum Zeitpunkt der ersten Messung 60 Jahre alt. Der Taillenumfang erhöhte sich während der sechs Jahre signifikant ( $p < 0,01$ ) um  $4,70 \pm 12,80 \text{ cm}$  ( $0,78 \text{ cm / Jahr}$ ). Für den Oberarmumfang konnte keine Veränderung beobachtet werden.

In der Langzeituntersuchung von **Pařízková und Eiselt 1980** wurde die Veränderung des Taillen- und des Oberarmumfangs von 22 Männern innerhalb von 16 Jahren ermittelt. Die Männer waren zum Zeitpunkt der Basiserhebung  $65,4 \pm 3,3$  Jahre alt. Der Taillenumfang erhöhte sich signifikant ( $p < 0,002$ ) um  $5,40 \pm 6,90$  cm ( $0,34$  cm / Jahr) während der 16 Jahre. Der Oberarmumfang verringerte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) um  $3,20 \pm 1,80$  cm ( $0,20$  cm / Jahr).

### ***Jüngere und ältere Senioren***

**Shimokata et al. 1989** bestimmten in ihrer Langzeitstudie von 123 weiblichen und 263 männlichen Teilnehmern der *Baltimore Longitudinal Study of Aging (BLSA)* den Taillen- und den Hüftumfang sowie die WHR in einem Abstand von fünf Jahren. Bei der ersten Messung wurden die Probanden in die Altersgruppen 45-64 und 65-86 Jahre eingeteilt. Der Taillenumfang erhöhte sich in der jüngeren Gruppe der Frauen um  $1,00 \pm 3,70$  cm ( $0,20$  cm / Jahr), der Hüftumfang nahm um  $1,10 \pm 3,60$  cm ( $0,22$  cm / Jahr) im untersuchten Zeitraum zu. In der älteren Gruppe der Frauen trat keine Veränderung des Taillenumfangs auf, während für den Hüftumfang eine Abnahme von  $1,30 \pm 4,00$  cm ( $0,26$  cm / Jahr) beobachtet werden konnte. Die WHR der jüngeren Frauen veränderte sich nicht, während bei den älteren Frauen ein Anstieg von  $0,011 \pm 0,052$  ( $0,002$  / Jahr) ermittelt werden konnte. In der jüngeren Gruppe der Männer trat ein Zuwachs des Taillenumfangs von  $2,80 \pm 4,80$  cm auf ( $0,56$  cm / Jahr), auch der Hüftumfang erhöhte sich um  $1,10 \pm 3,40$  cm ( $0,22$  cm / Jahr) im Verlauf des Alterns. Bei den älteren Männern konnte eine Zunahme im Taillenumfang von  $1,20 \pm 4,90$  cm ( $0,24$  cm / Jahr) beobachtet werden, wohingegen für den Hüftumfang keine Veränderung festgestellt werden konnte. Bezüglich der WHR wurde bei den jüngeren Männern eine Zunahme von  $0,018 \pm 0,037$  ( $0,004$  /Jahr) und bei den älteren Männern ein Anstieg von  $0,013 \pm 0,037$  ( $0,003$  / Jahr) aufgezeigt. Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

### ***Ältere Senioren***

**Rossi et al. 2008** untersuchten in ihrer Langzeitstudie die Veränderung des Taillenumfangs sowie der WHR von 47 Frauen und 30 Männern innerhalb von sieben Jahren zweimal. Das Basisalter der Frauen betrug  $71,6 \pm 2,3$  Jahre, das der Männer  $71,7 \pm 2,2$  Jahre. Der

Taillenumfang der Frauen erhöhte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) um  $1,70 \pm 3,00$  cm ( $0,24$  cm / Jahr), die WHR erhöhte sich signifikant ( $p < 0,05$ ) um  $0,03 \pm 0,09$  ( $0,004$  / Jahr) zwischen Basiserhebung und Follow-up. Für die Männer konnte weder für den Taillenumfang noch für die WHR eine signifikante Veränderung innerhalb des Erhebungszeitraumes festgestellt werden.

**Fantin et al. 2007** bestimmten in ihrer Langzeitstudie bei 97 Frauen (Basisalter:  $71,3 \pm 2,2$  Jahre) und 62 Männern (Basisalter:  $71,6 \pm 2,3$  Jahre) die Veränderung des Taillenumfangs nach null, nach zwei und nach 5,5 Jahren. Um festzustellen, ob im Verlauf der untersuchten Intervalle eine signifikante Entwicklung vorlag, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung getrennt nach Geschlecht durchgeführt. Für die Frauen konnte eine signifikante Zunahme ( $p = 0,001$ ) des Taillenumfangs von  $2,70$  cm ( $0,49$  cm / Jahr) festgestellt werden, während für die Männer keine Veränderung aufgezeigt werden konnte.

In der Langzeitstudie von **Zamboni et al. 2003** wurden die altersabhängigen Veränderungen des Hüft- und Taillenumfangs bei 101 Frauen (Basisalter:  $71,6 \pm 2,1$  Jahre) und 60 Männern (Basisalter:  $71,8 \pm 2,2$  Jahre) nach zwei Jahren bestimmt. Die Veränderungen wurden anhand von Differenzen zwischen dem Baseline- und dem Follow-up Wert ermittelt. Bei den Frauen erhöhte sich sowohl der Taillenumfang signifikant ( $p = 0,001$ ) um  $1,80$  % bzw.  $1,40$  cm ( $0,70$  cm / Jahr) als auch der Hüftumfang um  $1,10$  % bzw.  $1,10$  cm ( $0,55$  cm / Jahr). Dagegen veränderte sich die WHR während des Untersuchungszeitraumes nicht. Für die Männer konnte ebenfalls eine signifikante Erhöhung des Taillen- ( $p = 0,001$ ) als auch des Hüftumfangs ( $p = 0,030$ ) festgestellt werden. Der Taillenumfang erhöhte sich um  $1,40$  % bzw.  $1,20$  cm ( $0,60$  cm / Jahr), der Hüftumfang um  $1,30$  % bzw.  $1,30$  cm ( $0,65$  cm / Jahr). Für die WHR konnte auch bei den Männern keine Veränderung beobachtet werden.

In der multizentrierten SENECA- (*Survey in Europe on Nutrition and the Elderly: a Concerted Action*) Studie wurden 662 Personen (370 Frauen und 292 Männern) aus neun europäischen Städten untersucht. Dabei wurden Veränderungen des Taillenumfangs und des Oberarmumfangs im Verlauf von zehn Jahren betrachtet. Die Probanden waren zum Zeitpunkt der Basiserhebung zwischen 70,0 und 75,0 Jahren alt. Für beide Geschlechter konnte ein signifikanter Anstieg ( $p < 0,0001$ ) des Taillenumfangs aufgezeigt werden. Bei den Frauen betrug die Zunahme  $3,90$  cm ( $0,39$  cm / Jahr), während der Taillenumfang bei

den Männern um 2,90 cm (0,29 cm / Jahr) zunahm. Die Auswertung bezüglich des Oberarmumfangs ergab sowohl für die Frauen als auch für die Männer eine signifikante Abnahme ( $p < 0,0001$ ) von 0,70 cm (0,07 cm / Jahr) (De Groot et al. 2002).

Bezüglich des Taillenumfangs kristallisierte sich aus der Literatur mehrheitlich eine Zunahme sowohl für die jüngeren als auch die älteren Frauen und Männer heraus (Noppa et al. 1980, Shimokata et al. 1989, Carmelli et al. 1991, Stevens et al. 1991, De Groot et al. 2002, Zamboni et al. 2003, Derby et al. 2006, Ebrahimi-Mameghani et al. 2008).

Die Zunahmen des Taillenumfangs für die Gruppe der jüngeren Frauen bewegten sich zwischen 0,20-0,78 cm / Jahr (Noppa et al. 1980, Shimokata et al. 1989, Hughes et al. 2004, Ebrahimi-Mameghani et al. 2008), die der jüngeren Männer zwischen 0,15-0,56 cm / Jahr (Pařízková und Eiselt 1980, Shimokata et al. 1989, Carmelli et al. 1991, Ebrahimi-Mameghani et al. 2008). Lediglich Stookey et al. 2001 konnten keine Veränderung des Taillenumfangs für ihre Gruppe der jüngeren Frauen und Männer beobachten und ebenso Hughes et al. 2004 für ihr jüngeres männliches Kollektiv. In der hier vorliegenden Untersuchung konnte lediglich für die jüngeren Männer des Teilkollektivs eine signifikante Zunahme des Taillenumfangs festgestellt werden. Bei Betrachtung der Ergebnisse lässt sich jedoch für die jüngeren Frauen und Männer des Gesamtkollektivs ( $p = 0,0606$  bzw.  $p = 0,0955$ ) sowie für die jüngeren Frauen des Teilkollektivs ( $p = 0,0887$ ) eine Tendenz bezüglich des Taillenumfangs beobachten. Die jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs zeigen eine tendenzielle Zunahme von 0,41 cm / Jahr bzw. 0,45 cm / Jahr, die jüngeren Männer von 0,36 cm / Jahr. In der Studie von Stookey et al. 2001 konnte ebenfalls eine tendenzielle Zunahme für die Gruppe der jüngeren Frauen und der jüngeren Männer von jeweils 0,22 cm / Jahr aufgezeigt werden. Somit kann geschlussfolgert werden, dass der Taillenumfang bei jüngeren Senioren (zwischen etwa 60-70 Jahre) mit fortschreitendem Altern kontinuierlich ansteigt.

Für die älteren Kollektive konnten ebenfalls mehrheitlich Zunahmen des Taillenumfangs beobachtet werden. Für die älteren Frauen erhöhte sich der Taillenumfang zwischen 0,24-0,70 cm / Jahr (De Groot et al. 2002, Zamboni et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008), für die Männer zwischen 0,24-0,60 cm / Jahr (Shimokata et al. 1989, De Groot et al. 2002, Zamboni et al. 2003). Lediglich Fantin et al. 2007 und Rossi et al. 2008 konnten für ihre männlichen Kollektive keine Veränderung für den Taillenumfang mit zunehmendem



Alter beobachten. Die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs sowie die älteren Männer des Gesamtkollektivs der vorliegenden Untersuchung zeigten ebenfalls keine signifikante Veränderung auf. Für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs der GISELA-Studie lässt sich jedoch eine Tendenz ( $p = 0,0991$ ) beobachten. Diese beschreibt eine Zunahme des Taillenumfangs von 0,18 cm / Jahr. Die Ergebnisse für die älteren Frauen sowohl aus der Literatur als auch aus der hier vorliegenden Untersuchung (Gesamtkollektiv) konnten zeigen, dass der Taillenumfang mit fortschreitendem Alter zunimmt. Damit bestätigen die Ergebnisse der GISELA-Studie und der Literatur die zunehmende Akkumulation der intraabdominalen Fettmasse mit zunehmendem Alter. Für die älteren Männer des GISELA-Gesamtkollektivs sowie in den Studien von Fantin et al. 2007 und Rossi et al. 2008 wurde ein konstanter Taillenumfang beobachtet. Mögliche Gründe hierfür könnten sein, dass die Umverteilung der Fettmasse bei den Männern früher aufhört bzw. die Umverlagerung der Fettmasse weniger stark ausgeprägt ist, da üblicherweise der androide Typ bei den Männern im Vergleich zu den Frauen stärker vertreten ist. Ein weiterer möglicher Grund könnte die kleine Probandenzahl sein.

Die Anzahl der Studien, die Daten zum Hüftumfang liefern, sind begrenzt und zeigen kontroverse Ergebnisse für beide Altersgruppen, sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern (Shimokata et al. 1989, Hughes et al. 2004, Zamboni et al. 2003). Shimokata et al. 1989 konnten für ihre jüngeren Männer und Frauen eine Zunahme des Hüftumfangs aufzeigen (0,22 cm / Jahr), wobei für beide Geschlechter ebenso eine Zunahme im Körpergewicht aufgezeigt werden konnte. In der vorliegenden Untersuchung konnte für die jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs als auch des Teilkollektivs ebenso eine Zunahme des Hüftumfangs von 0,30 cm / Jahr bzw. 0,34 cm / Jahr (Tendenz,  $p = 0,0787$ ) aufgezeigt werden, wobei auch hier in beiden GISELA-Kollektiven für die jüngeren Frauen eine Zunahme der absoluten Fettmasse als auch des Körpergewichts bestand. Die jüngeren Männer des Teilkollektivs zeigten ebenfalls eine Zunahme von 0,61 cm / Jahr, wobei sowohl die absolute Fettmasse als auch das Körpergewicht tendenziell anstiegen. Für die jüngeren Männer des GISELA-Gesamtkollektivs konnte keine Veränderung des Hüftumfangs mit fortschreitendem Alter festgestellt werden, obwohl eine tendenzielle Zunahme der absoluten Fettmasse ( $p = 0,0631$ ) und des Körpergewichts beobachtet werden konnte. Wohingegen Hughes et al. 2004 für ihre jüngeren Männer eine Abnahme des Hüftumfangs bei gleichbleibendem Körpergewicht und zunehmender absoluter Fettmasse feststellen konnten.

Die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs und die älteren Männer (Gesamtkollektiv) der vorliegenden Untersuchung zeigten keine Veränderung des Hüftumfangs im Verlauf des Alterns. Zamboni et al. 2003 konnten für ihre älteren Frauen und Männer eine Zunahme für den Hüftumfang bei einem gleichbleibenden bis leicht steigendem Körpergewicht beobachten, während Shimokata et al. 1989 für ihre älteren Frauen eine Abnahme und für ihre älteren Männer keine Veränderung feststellen konnten. Die unterschiedlichen Ergebnisse, die für die Veränderung des Hüftumfangs im Verlauf des Alterns beobachtet werden, können möglicherweise über den Einfluss der Fettmasse bzw. des Körpergewichts, über unterschiedliche Ansatzpunkte bei der Messung des Hüftumfangs als auch über mögliche zu kurze Untersuchungsintervalle erklärt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Veränderungen von Taillen- und Hüftumfang weist die WHR entweder eine Zunahme oder keine Veränderung auf (Shimokata et al. 1989, Hughes et al. 2004, Rossi et al. 2008, Derby et al. 2006). Dementsprechend kann die vorliegende Studie für beide Untersuchungskollektive weder für die Frauen noch für die Männer eine Veränderung der WHR beobachten.

Die begrenzte Anzahl der Studien, die Daten zum Oberarmumfang liefern, zeigen mehrheitlich eine Abnahme des Oberarmumfangs (Noppa et al. 1980, Pařízková und Eiselt 1980, Woo et al. 2001, De Groot et al. 2002, Hughes et al. 2004). Für die jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs der vorliegenden Arbeit konnte eine jährliche Abnahme des Oberarmumfangs (0,08 cm / Jahr bzw. 0,18 cm / Jahr) festgestellt werden. Diese Beobachtung konnte ebenso Hughes et al. 2004 für ihr weibliches Kollektiv aufzeigen. Lediglich Noppa et al. 1980 stellten bei jüngeren Frauen einen konstanten Oberarmumfang mit zunehmendem Alter fest. Für die jüngeren Männer konnte einheitlich eine Abnahme des Oberarmumfangs im Verlauf des Alterns aufgezeigt werden (Pařízková und Eiselt 1980, Hughes et al. 2004). In der GISELA-Studie konnte für die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs ebenfalls eine Abnahme des Oberarmumfangs beobachtet werden und somit konnten die Ergebnisse der Literatur bestätigt werden (Ausnahme waren die jüngeren Männer des Teilkollektivs, die keine Veränderung aufzeigten).

Für die älteren Frauen und Männer aus den Studien der Literatur kann einheitlich eine Abnahme zwischen 0,07-0,20 cm / Jahr für den Oberarmumfang aufgezeigt werden (Woo et al. 2001, De Groot et al. 2002). Die Beobachtungen der vorliegenden Untersuchung für

die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs bestätigen die Ergebnisse der Literatur, da sowohl für die älteren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs eine Abnahme von 0,08 cm / Jahr bzw. 0,18 cm / Jahr aufgezeigt werden konnte. Die älteren männlichen GISELA-Teilnehmer (Gesamtkollektiv) zeigen ebenso eine Reduktion des Oberarmumfangs (0,12 cm / Jahr) im Verlauf des Alterns. Diese Beobachtungen bestätigen die Ergebnisse aus der Literatur und zeigen zusammen mit der beobachtenden Entwicklung des Taillenumfangs (s. S. 92) die Umverteilung der Fettmasse von peripheren zu abdominalen Körperbereichen im Verlauf des Alterns auf.

In der GISELA-Studie zeigen die Männer im Vergleich zu den Frauen eine größere Abnahme des Oberarmumfangs im Verlauf des Alterns. Diesbezüglich ist die Literaturlage nicht eindeutig: Hughes et al. 2004 zeigten für ihre männlichen Teilnehmer eine größere Abnahme im Vergleich zu den weiblichen Probanden, während De Groot et al. 2002 Abnahmen in der gleichen Größenordnung für Frauen und Männer beobachten konnten. Woo et al. 2001 hingegen konnten für ihre weiblichen Probanden eine stärkere Abnahme zeigen.

Der Alterungsprozess ist mit einer Umverteilung der Fettdepots assoziiert, wobei die peripheren (subkutanen) Fettdepots zu Gunsten des abdominalen (zentralen) Bereichs abnehmen (Borkan und Norris 1977, Borkan et al. 1985, Enzi et al. 1986, Heitmann 1991, Horber et al. 1997, Cartwright et al. 2007). Dies resultiert in einer Abnahme der Umfänge der Extremitäten sowie in einer Zunahme des Taillenumfangs. Der Anstieg des Taillenumfangs reflektiert den Anstieg der viszeralen (intraabdominalen) Fettmasse, da sich der Taillenumfang als guter Prädiktor für das viszerale Fett herausstellte (Després et al. 1991, Pouliot et al. 1994, Janssen et al. 2002b).

Schlussfolgernd können die Ergebnisse der GISELA-Studie die in der Literatur beschriebene Umverteilung der Fettmasse von peripher nach abdominal unterstützen: Der Oberarmumfang der Senioren nimmt im Verlauf des Alterns ab und der Taillenumfang bleibt konstant oder nimmt zu. Der Hüftumfang nimmt bei den jüngeren Frauen und jüngeren Männern (Teilkollektiv) zu und bleibt ansonsten konstant.

Verschiedene Ursachen für diese Umverteilung sowie den Anstieg der viszeralen Fettmasse im Verlauf des Alterns werden in der Literatur diskutiert. Mögliche Erklärungs-

ansätze sind die verringerte Produktion des Wachstumshormons sowie der abnehmende Testosteronspiegel bei den Männern bzw. Östrogenspiegel bei den Frauen mit Beginn der Menopause (Toth et al. 2000, Sumino et al. 2003, Sattler et al. 2009).

Ein weiterer Erklärungsansatz für die Zunahme des Taillenumfangs (Umverteilung) liefert das subkutane Fettgewebe. Mit zunehmendem Alter agiert es nur noch eingeschränkt als Lipidspeicher und nimmt freie Fettsäuren inadäquat auf (Després und Lemieux 2006). Daraus kann eine erhöhte Fettansammlung im intraabdominalen Bereich resultieren und zudem können unerwünschte Fettablagerungen an Leber, Skelettmuskel, Herz und  $\beta$ -Zellen des Pankreas auftreten (Miranda et al. 2005). Viszerales Fett (intraabdominales Fett) ist gegenüber lipolytischen Reizen besonders empfindlich (Björntorp 1990). Die bei der Lipolyse freiwerdenden Fettsäuren gelangen direkt in die Portalvene und von dort in hohen Konzentrationen zur Leber (Björntorp 1990, Nielsen et al. 2004). Je mehr viszerales Fett vorhanden ist, desto größer ist auch die Überlastung der Leber mit freien Fettsäuren (Nielsen et al. 2004). Dies kann zu unerwünschten Effekten auf die Leber führen, wie z. B. eine reduzierte Insulinclearance, ein Anstieg der Gluconeogenese sowie eine erhöhte Bildung von Lipoproteinen (Björntorp 1990). Weitere daraus resultierende negative Folgen für den Stoffwechsel sind Diabetes mellitus (Ohlson et al. 1985), Insulinresistenz (Tiikkainen et al. 2002), Dyslipoproteinämien (Nguyen-Duy et al. 2003) und Bluthochdruck (Gillum et al. 1998).

### **4.3 Veränderungen der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns**

#### **4.3.1 Fettfreie Masse und Fettmasse**

Im Gesamt- als auch im Teilkollektiv der Frauen konnte ein signifikanter Rückgang der absoluten FFM mit steigendem Alter beobachtet werden, wobei lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen jüngeren und älteren Frauen im Gesamtkollektiv beobachtet werden konnte. Die Reduktion der absoluten FFM der älteren Frauen des Gesamtkollektivs war mit 0,12 kg / Jahr deutlich größer als für die jüngeren Frauen mit 0,03 kg / Jahr. Für die prozentuale FFM konnte eine Verringerung im Verlauf der zehn Jahre für die jüngeren

Frauen des Gesamtkollektivs aufgezeigt werden (0,12 % / Jahr), für die älteren Frauen konnte hingegen keine Veränderung beobachtet werden.

Für die jüngeren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs erhöhte sich die absolute Fettmasse mit steigendem Alter um 0,16 kg / Jahr bzw. um 0,17 kg / Jahr, für die älteren Frauen beider Kollektive veränderte sich hingegen die absolute Fettmasse nicht. Die prozentuale Fettmasse erhöhte sich für die jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs um 0,12 % / Jahr, wohingegen für die älteren Frauen der Anteil der prozentualen Fettmasse am Körpergewicht gleich blieb. Für beide männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs konnte sowohl für die absolute als auch die prozentuale FFM bzw. Fettmasse keinerlei Veränderungen mit zunehmendem Alter beobachtet werden. Die jüngeren Männer des Teilkollektivs zeigten weder für die FFM (absolut und prozentual) noch für die Fettmasse (absolut und prozentual) eine Veränderung im Verlauf des Alterns auf.

Die Entwicklung der FFM wurde in mehreren Langzeitstudien untersucht. Der Beginn der Abnahme scheint im mittleren Erwachsenenalter zwischen 40-50 Jahren einzusetzen (Flynn et al. 1989, Guo et al. 1999, Kyle et al. 2006b) und sich kontinuierlich mit zunehmendem Alter fortzusetzen (Forbes und Reina 1970, Steen et al. 1979, Suominen 1997, Guo et al. 1999, Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Visser et al. 2003, Fantin et al. 2007). Flynn et al. 1989 konnten zeigen, dass der größte Verlust der FFM bei den Männern zwischen 41 und 60 Jahren auftritt und bei den Frauen ab ca. dem 60. Lebensjahr. Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse zur absoluten FFM befindet sich im Anhang in Tab. A19.

Ein Anstieg der Fettmasse parallel zur Zunahme des Körpergewichts der Frauen und Männer bis etwa zum 50. bzw. 60. Lebensjahr kann anhand von Studienergebnissen aus der Literatur belegt werden (Borkan und Norris 1977, Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2004, Kyle et al. 2006b). Der Verlauf ab ca. dem 60. Lebensjahr stellt sich in der Literatur eher widersprüchlich dar, da Ausmaß und Richtung der Veränderung kontrovers beschrieben werden; es wird sowohl von einer Zunahme, einer Abnahme oder einer gleichbleibenden Fettmasse berichtet (Steen et al. 1979, Noppa et al. 1980, Murray et al. 1996, Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Zamboni et al. 2003, Visser et al. 2003, Goodpaster et al. 2006, Dey et al. 2009). Ein tabellarischer Überblick der Studienergebnisse zur absoluten und prozentualen Fettmasse befindet sich im Anhang in Tab. A20

und A21. Im Folgenden werden Langzeitstudien betrachtet, welche die Veränderungen der FFM sowie der Fettmasse bei Senioren mit zunehmendem Alter untersuchen.

### ***Jüngere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2004** wurde die Veränderung der Fettmasse von 75 Frauen (Basisalter:  $60,1 \pm 7,8$  Jahre) und 54 Männern (Basisalter:  $60,6 \pm 7,8$  Jahre) während einer mittleren Follow-up-Periode von  $9,4 \pm 1,4$  Jahre ermittelt. Die Fettmasse wurde mittels Hydrodensitometrie bestimmt. Die absolute als auch die prozentuale Fettmasse der Frauen erhöhte sich jeweils signifikant ( $p < 0,05$ ) um  $1,30 \pm 4,40$  kg ( $0,14$  kg / Jahr) bzw.  $1,30 \pm 4,90$  % ( $0,14$  % / Jahr) innerhalb des untersuchten Zeitraumes. Für die Männer konnte ebenfalls eine signifikante Zunahme ( $p < 0,05$ ) der absoluten Fettmasse um  $1,00 \pm 3,20$  kg ( $0,11$  kg / Jahr) als auch der prozentualen Fettmasse um  $1,20 \pm 3,30$  % ( $0,13$  % / Jahr) beobachtet werden. Der Anstieg des Körpergewichts der Frauen (s. Kap. 4.2.2 S 76) kann folglich auf die Zunahme der absoluten Fettmasse zurückgeführt werden. Da für die Männer keine Veränderung des Körpergewichts aufgezeigt werden konnte, aber dennoch ein Anstieg der absoluten Fettmasse festgestellt wurde, übersteigt vermutlich die Abnahme der absoluten FFM den Anstieg der absoluten Fettmasse.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2002** wurde die Veränderung der Körperzusammensetzung von 78 Frauen (Basisalter:  $60,0 \pm 7,4$  Jahre) und 53 Männern (Basisalter:  $61,1 \pm 8,1$  Jahre) während einer mittleren Follow-up-Periode von  $9,4 \pm 1,4$  Jahren ermittelt. Die Körperzusammensetzung wurde mittels Hydrodensitometrie bestimmt. Für die Frauen konnte eine signifikante ( $p < 0,01$ ) Zunahme der absoluten ( $1,30 \pm 4,30$  kg ( $0,14$  kg / Jahr)) als auch der prozentualen Fettmasse ( $1,20 \pm 4,70$  % ( $0,13$  % / Jahr)) aufgezeigt werden. Während keine signifikante Veränderung der absoluten FFM für die weiblichen Teilnehmer beobachtet werden konnte. Die absolute FFM verringerte sich für die Männer signifikant ( $p < 0,01$ ) um  $1,10 \pm 2,20$  kg ( $0,12$  kg / Jahr). Die absolute als auch die prozentuale Fettmasse der männlichen Teilnehmer erhöhte sich signifikant ( $p < 0,01$ ) um  $1,20 \pm 3,50$  kg ( $0,13$  kg / Jahr) bzw.  $1,30 \pm 3,30$  % ( $0,14$  % / Jahr). Für das Körpergewicht konnte sowohl für die Frauen als auch für die Männer keine Veränderung festgestellt werden.

**Guo et al. 1999** untersuchten in einer Langzeitstudie die Veränderung der Körperzusammensetzung von 210 Teilnehmern (108 Frauen und 102 Männern, Basisalter: 40 bis 64 Jahre) der *Fels Longitudinal Studie* in einer mittleren Follow-up Periode von  $9,1 \pm 5,3$  Jahren (1 - 20 Jahre). Mehr als 70 % der Teilnehmer nahmen länger als fünf Jahre und etwa 20 % mehr als 15 Jahre an der Studie teil. Die Körperzusammensetzung wurde mit Hilfe der Hydrodensitometrie bestimmt. Um festzustellen, ob im Verlauf des Alterns ein signifikanter Trend bezüglich der Veränderungen der abhängigen Variablen vorlag, wurde eine lineare Regressionsanalyse mit Messwiederholung (SAS PROC MIXED) getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Für die Frauen konnte eine Zunahme der absoluten Fettmasse um  $0,41 \pm 0,08$  kg / Jahr ( $p < 0,05$ ) als auch der prozentualen Fettmasse um  $0,33 \pm 0,08$  % / Jahr aufgezeigt werden. Die absolute FFM reduzierte sich bei den Frauen um  $0,11 \pm 0,03$  kg / Jahr ( $p < 0,05$ ). Für die Männer konnte im Verlauf des Alterns keine Veränderung der FFM festgestellt werden. Die absolute Fettmasse stieg hingegen um  $0,37 \pm 0,06$  kg / Jahr ( $p < 0,05$ ), der Anstieg der prozentualen Fettmasse betrug  $0,32 \pm 0,04$  % / Jahr ( $p < 0,05$ ). Folglich ist die in Kap. 4.2.2 S 76f beschriebene Zunahme des Körpergewichts der Frauen und Männer auf die Zunahme der absoluten Fettmasse zurückzuführen. Die beobachtete Abnahme der absoluten FFM wird bei den Frauen offensichtlich durch die deutlich größere Zunahme der absoluten Fettmasse kompensiert.

In einer Langzeitstudie ermittelten **Siervogel et al. 1998** die Veränderung der Körperzusammensetzung bei 53 Frauen und 62 Männern. Zum Zeitpunkt der Basiserhebung waren die Frauen und Männer zwischen 45,0 und 65,0 Jahre alt. Die mittlere Follow-up Periode der Frauen belief sich auf  $10,0 \pm 4,8$  Jahre, die der Männer auf  $9,4 \pm 4,6$  Jahre. Die Körperzusammensetzung wurde mittels Unterwasserwägung bestimmt. Mit Hilfe von linearen Regressionsanalysen wurden die jährlichen Veränderungen der Körperzusammensetzung kalkuliert, wenn die Probanden mehr als zwei Untersuchungen während der Untersuchungsperiode aufwiesen. Die absolute Fettmasse der Frauen sowie der Männer erhöhte sich signifikant ( $p < 0,001$ ) um  $0,37 \pm 0,70$  kg / Jahr bzw. um  $0,52 \pm 1,05$  kg / Jahr. Die prozentuale Fettmasse stieg signifikant sowohl bei den Männern ( $p < 0,05$ ) als auch bei den Frauen ( $p < 0,001$ ) an. Für die Frauen konnte ein Anstieg der prozentualen Fettmasse von  $0,47 \pm 0,95$  % / Jahr beobachtet werden und für die Männer eine jährliche Zunahme von  $0,34 \pm 0,70$  %. Für die absolute FFM hingegen konnte sowohl für die Frauen als auch für die Männer keine Veränderung aufgezeigt werden.

### **Ältere Senioren**

In der Langzeitstudie von **Dey et al. 2009** wurde bei 38 Männern und 49 Frauen (Teilnehmer der *Nordic Research on Aging (NORA)-study*) die Veränderung der Fettmasse sowie der FFM über eine Follow-up Periode von fünf Jahren untersucht. Die Probanden waren zum Zeitpunkt der ersten Messung alle 75,0 Jahre alt (gleiche Geburtskohorte). Die Körperzusammensetzung wurde mittels BIA ermittelt. Die absolute FFM verringerte sich sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen signifikant ( $p < 0,001$ ), wobei die Abnahme innerhalb der fünf Jahre bei den Männern mit 2,02 kg (0,40 kg / Jahr) im Vergleich zu den Frauen mit 0,93 kg (0,17 kg / Jahr) deutlich größer war. Für die absolute Fettmasse konnte sowohl für die Frauen als auch für die Männer keine Veränderung beobachtet werden. Die prozentuale Fettmasse erhöhte sich im Verlauf der Untersuchungsperiode lediglich bei den Männern signifikant ( $p = 0,020$ ) um 1,73 % (0,35 % / Jahr). Für beide Geschlechter kann die Abnahme im Körpergewicht (s. Kap. 4.2.2 S 77) auf die Reduktion der absoluten FFM zurückgeführt werden.

In der Langzeitstudie von **Rossi et al. 2008** wurde die Veränderung der FFM und der Fettmasse bei 47 Frauen und 30 Männern über einen Follow-up Periode von sieben Jahren untersucht. Das Alter betrug bei der ersten Messung für die Frauen  $71,6 \pm 2,3$  Jahre, das der Männer  $71,1 \pm 2,2$  Jahre. Die Körperzusammensetzung wurde mittels DEXA bestimmt. Weder für die Frauen noch für die Männer konnte eine signifikante Veränderung der absoluten Fettmasse beobachtet werden. Die absolute FFM hingegen verringerte sich für beide Geschlechter signifikant ( $p < 0,01$ ). Für die Frauen reduzierte sich die absolute FFM um  $0,94 \pm 1,83$  kg (0,13 kg / Jahr), die Männer verloren mit  $3,31 \pm 1,44$  kg (0,47 kg / Jahr) deutlich mehr absolute FFM als die Frauen. Das Körpergewicht veränderte sich jedoch nicht für beide Geschlechtsgruppen.

**Ding et al. 2007** ermittelten bei 1786 Teilnehmern (855 Männer und 931 Frauen) der *Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study* altersabhängige Veränderungen der Körperzusammensetzung. Dabei wurde simultan der Effekt der Geburtskohorte (Einteilung der Probanden bei der Basiserhebung in jährliche Geburtskohorten von 1918 bis 1927) und des Alters auf die Körperzusammensetzung untersucht. Die Messungen erfolgten jährlich mittels DEXA über einen Zeitraum von fünf Jahren. Bei der Basismessung waren die Männer  $73,7 \pm 3,0$  Jahre alt und die Frauen  $73,3 \pm 3,0$  Jahre alt.



Die altersabhängigen Veränderungen der Körperzusammensetzung wurden anhand gemischter Modelle (PROC MIXED) berechnet. Die absolute FFM reduzierte sich mit zunehmendem Alter signifikant ( $p < 0,0001$ ) um  $0,18 \pm 0,04$  kg / Jahr bei den Männern. Die Frauen verloren  $0,09 \pm 0,03$  kg / Jahr ( $p = 0,005$ ) an absoluter FFM. Die absolute als auch die prozentuale Fettmasse der Männer und der Frauen erhöhte sich im Verlauf des Alterns. Bei den Männern nahm die prozentuale Fettmasse als auch die absolute jeweils um  $0,40 \pm 0,06$  % bzw. kg / Jahr zu ( $p < 0,0001$ ), bei den Frauen erhöhte sich die prozentuale Fettmasse um  $0,19 \pm 0,05$  % / Jahr ( $p < 0,0001$ ), die absolute Fettmasse um  $0,20 \pm 0,06$  kg / Jahr ( $p = 0,0006$ ).

**Fantin et al. 2007** bestimmten in einer Langzeitstudie bei 97 Frauen (Basisalter:  $71,3 \pm 2,2$  Jahre) und 62 Männern (Basisalter:  $71,6 \pm 2,3$  Jahre) die Körperzusammensetzung zum Zeitpunkt null, nach zwei und nach 5,5 Jahren. Die Messung der Körperzusammensetzung erfolgte mittels DEXA. Um festzustellen, ob im Verlauf der untersuchten Intervalle ein signifikanter Trend vorlag, wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung getrennt nach Geschlecht eingesetzt. Weder bei den Frauen noch bei den Männern veränderte sich die absolute Fettmasse signifikant über den untersuchten Zeitraum. Für die absolute FFM konnte hingegen sowohl für die Frauen ( $p = 0,047$ ) als auch für die Männer ( $p = 0,001$ ) eine signifikante Abnahme festgestellt werden. Für die Frauen reduzierte sich die FFM um  $0,39$  kg ( $0,07$  kg / Jahr), für die Männer wurde eine deutlich höhere Abnahme von  $1,93$  kg ( $0,35$  kg / Jahr) beobachtet. Das Körpergewicht veränderte sich bei beiden Geschlechtern nicht signifikant (s. Kap. 4.2.2 S 77).

**Goodpaster et al. 2006** untersuchten in ihrer Langzeitstudie bei 634 Frauen (Basisalter:  $73,4 \pm 2,8$  Jahre) und 634 Männern (Basisalter:  $73,7 \pm 2,8$  Jahre) die Veränderung der Körperzusammensetzung während einer Follow-up Periode von drei Jahren. Die Körperzusammensetzung wurde mittels DEXA gemessen. Die absolute FFM der Frauen verringerte sich um  $0,31 \pm 1,49$  kg ( $0,10$  kg / Jahr), die der Männer um  $0,87 \pm 1,96$  kg ( $0,30$  kg / Jahr). Für die absolute Fettmasse konnte hingegen für die Frauen eine Zunahme von  $0,30 \pm 2,59$  kg ( $0,10$  kg / Jahr) und für die Männer von  $0,52 \pm 2,62$  kg ( $0,17$  kg / Jahr) beobachtet werden. Die prozentuale Fettmasse erhöhte sich ebenfalls sowohl für die Frauen um  $0,42 \pm 2,17$  % ( $0,14$  % / Jahr) als auch für die Männer um  $0,16 \pm 2,09$  % ( $0,05$  % / Jahr) innerhalb des Erhebungszeitraums. Für die Frauen konnte eine leichte Abnahme des Körpergewichts beobachtet werden, obwohl sich die absolute FFM und die

absolute Fettmasse in der gleichen Größenordnung reziprok entwickelten. Das Körpergewicht der Männer verringerte sich um  $0,49 \pm 3,76$  kg ( $0,16$  kg / Jahr), da die Abnahme der absoluten FFM die Zunahme der absoluten Fettmasse überstieg. Die Autoren machten jedoch keine Angaben zur statistischen Signifikanz der beobachteten Veränderungen.

In der Langzeitstudie von **Zamboni et al. 2003** wurden die altersabhängigen Veränderungen der Körperzusammensetzung bei 101 Frauen (Basialter:  $71,6 \pm 2,1$  Jahre) und 60 Männern (Basialter:  $71,8 \pm 2,2$  Jahre) nach zwei Jahren untersucht. Die Körperzusammensetzung wurde mittels DEXA gemessen. Bei den Frauen erhöhte sich die absolute Fettmasse signifikant ( $p = 0,012$ ) um  $1,31$  % ( $0,25$  kg / Jahr), die prozentuale Fettmasse erhöhte sich signifikant ( $p = 0,024$ ) um  $1,27$  % ( $0,27$  % / Jahr) und die absolute FFM veränderte sich nicht. Für die Männer konnte weder für die Fettmasse (kg, %) noch für die FFM (kg) eine Veränderung beobachtet werden. Das Körpergewicht veränderte sich weder bei den Frauen noch bei den Männern signifikant (s. Kap. 4.2.2 S 77).

In der Langzeitstudie von **Gallagher et al. 2000** wurde die Körperzusammensetzung von 24 Männern (Basialter:  $72,9 \pm 5,8$  Jahre) und 54 Frauen (Basialter:  $70,2 \pm 7,8$  Jahre) in einer mittleren Untersuchungsperiode von  $4,7 \pm 2,3$  Jahren bestimmt. Dabei wurde die absolute Fettmasse mittels DEXA bestimmt und die absolute FFM wurde als Differenz aus Körpergewicht und Fettmasse ermittelt. Die absolute Fettmasse der Männer erhöhte sich signifikant ( $p = 0,03$ ) um  $1,20 \pm 2,40$  kg ( $0,26$  kg / Jahr), während für die absolute FFM eine signifikante Abnahme ( $p = 0,002$ ) von  $1,40 \pm 1,90$  kg ( $0,30$  kg / Jahr) aufgezeigt werden konnte. Für die Frauen konnte keine signifikante Veränderung der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse festgestellt werden. Da sich die absolute FFM und die absolute Fettmasse gegenläufig und in etwa der gleichen Größenordnung bei den männlichen Teilnehmern veränderten, konnte folglich für das Körpergewicht keine Veränderung beobachtet werden.

Die Mehrheit der hier betrachteten Studien zeigt eine Abnahme der absoluten FFM mit zunehmendem Alter. Jedoch bei Betrachtung der Studien nach Altersgruppen zeigen sich Unterschiede. Es kann festgestellt werden, dass Studien, die jüngere Senioren untersucht haben, überwiegend keine Veränderung bezüglich der absoluten FFM aufzeigen konnten (Murray et al. 1996, Siervogel et al. 1998, Hughes et al. 2002). Lediglich Guo et al. 1999

und Kyle et al. 2006b konnten für ihre weiblichen Teilnehmer eine Abnahme der absoluten FFM beobachten. Für die jüngeren Männer konnte lediglich in der Studie von Hughes et al. 2002 eine signifikante Abnahme festgestellt werden.

Die Ergebnisse der GISELA-Studie für die jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs zeigen eine signifikante jährliche Abnahme der absoluten FFM von 0,03 kg. Das Teilkollektiv zeigt ein fast identisches Bild, wobei der Unterschied zwischen jüngeren und älteren Frauen lediglich als Tendenz zu beobachten ist ( $p = 0,1001$ ). Damit ist die Größenordnung der Veränderungen in der GISELA-Studie geringer als bei Guo et al. 1999 und Kyle et al. 2006b. Allerdings passt diese geringe Veränderung in das Gesamtbild der Vergleichsstudien, das insgesamt einen konstanten bis – absolut betrachtet – schwach abnehmenden Verlauf der FFM beschreibt.

Für die jüngeren Männer (Gesamt- und Teilkollektiv) der vorliegenden Arbeit konnten keine signifikanten Veränderungen für die absolute FFM ermittelt werden, ebenso wie in den Studien von Murray et al. 1996, Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999 und Kyle et al. 2006b.

Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie und der Literatur lassen den Rückschluss zu, dass bereits bei jüngeren Senioren eine Abnahme der absoluten FFM vorhanden ist. Die Entwicklung findet jedoch in dieser Lebensphase noch auf einem niedrigen Niveau statt. Gegenläufige Effekte, wie die Zunahme des Körpergewichts sind vermutlich der Grund dafür, dass die altersbedingte Abnahme der FFM in einigen Studien nicht nachgewiesen werden kann (Murray et al. 1996, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b).

Bei Betrachtung der Studien, die vorwiegend Senioren ab und um das 70ste Lebensjahr untersucht haben (Steen et al. 1979, Suominen 1997, Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Visser et al. 2003, Ding et al. 2007, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009) konnte einheitlich eine Reduktion der absoluten FFM beobachtet werden. Für die älteren Frauen konnte eine Abnahme zwischen 0,07 und 0,28 kg / Jahr und für die älteren Männer zwischen 0,28 und 0,47 kg / Jahr aufgezeigt werden (Steen et al. 1979, Suominen 1997, Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Visser et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009). Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie zeigen für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs eine Abnahme von 0,12 kg / Jahr, für die älteren Frauen des

Teilkollektivs eine Abnahme von 0,17 kg / Jahr. Damit liegen sie innerhalb der Bandbreite aus der Literatur und zeigen – ebenso wie die untersuchten Studien – eine deutlich höhere Abnahme der FFM bei älteren Frauen im Vergleich zu jüngeren Frauen.

In der Gruppe der älteren Männer (Gesamtkollektiv) kann keine signifikante Abnahme der absoluten FFM ermittelt werden, jedoch eine Tendenz ( $p = 0,094$ ) von 0,14 kg / Jahr. Auch hier zeigt sich ein vergleichbares Bild zu den Daten aus der Literatur. Die Tatsache, dass in dieser Gruppe keine signifikanten Ergebnisse beobachtet wurden, liegt vermutlich daran, dass es sich um ein relativ kleines Kollektiv handelt.

Folglich lässt sich anhand der Literaturlage und den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung für ältere Senioren eine stärkere Abnahme der absoluten FFM als bei jüngeren Senioren erkennen. Diese Entwicklungen lassen den Rückschluss zu, dass sich die mit dem Alter einsetzende FFM-Abnahme anfänglich auf einem niedrigen Niveau bewegt und mit zunehmendem Alter ansteigt.

Darüber hinaus deuten die Studienergebnisse darauf hin, dass neben dem Altern die Entwicklung des Körpergewichts eine große Rolle spielt. So zeigen Suominen 1997, Woo et al. 2001 und Visser et al. 2003 für die älteren Kollektive – analog zu den Ergebnissen der älteren Frauen der GISELA-Studie – eine Abnahme der FFM sowie eine Abnahme des Körpergewichts. Im Gegensatz dazu zeigen Guo et al. 1999, Murray 1996, Hughes et al. 2002 und Kyle et al. 2006b sowie das GISELA-Gesamtkollektiv für ihre jüngeren weiblichen und männlichen Kollektive eine konstante bis leicht abnehmende FFM bei konstantem bis zunehmendem Körpergewicht. Für die jüngeren Frauen des Teilkollektivs der vorliegenden Untersuchung konnte ebenfalls eine Zunahme im Körpergewicht beobachtet werden, wobei eine leichte, jedoch nur als Tendenz ( $p = 0,1001$ ) aufgezeigte Abnahme der absoluten FFM (0,02 kg / Jahr) vorlag, die jedoch durch eine Zunahme der Fettmasse kompensiert wurde.

Verschiedene Langzeitstudien (Forbes 1999, Heitmann und Garby 2002, Hughes et al. 2002, Visser et al. 2003, Newman et al. 2005, Kyle et al. 2006a, Fantin et al. 2007) haben sich mit dem Einfluss von Körpergewichtsveränderungen auf die Veränderungen der FFM und der Fettmasse im Verlauf des Alterns beschäftigt. Die Probanden wurden dazu in unterschiedliche Körpergewichtsgruppen eingeteilt; jeweils eine Gruppe von gewichts-

stabilen Teilnehmern, eine oder mehrere Gruppen von Körpergewichtszunehmern und eine oder mehrere Gruppen von Probanden, die ihr Körpergewicht im Verlauf des Alterns reduziert haben. So konnten Forbes 1999, Heitmann und Garby 2002, Hughes et al. 2002, Visser et al. 2003, Newman et al. 2005 und Fantin et al. 2007 annähernd einheitlich beobachten, dass eine Zunahme im Körpergewicht eine Zunahme der FFM als auch der Fettmasse bewirkt und dass eine Körpergewichtsabnahme eine Verringerung der FFM als auch der Fettmasse zur Folge hat. Wobei die Veränderungen der Fettmasse sowohl bei einer Zunahme als auch einer Abnahme im Körpergewicht im Vergleich zur FFM von größerem Ausmaß sind. Für die gewichtsstabilen Probanden der Studien aus der Literatur kann ebenfalls einheitlich eine Veränderung in der Körperzusammensetzung beobachtet werden. Für die FFM kann eine geringe, aber kontinuierliche Abnahme bei gleichzeitiger kontinuierlicher Zunahme der Fettmasse in ähnlicher Größenordnung aufgezeigt werden, so dass sich das Körpergewicht mit fortschreitendem Lebensalter in einem gewissen Bereich nicht verändert. Daraus lässt sich mutmaßen, dass die Veränderungen auf das Altern als Einflussfaktor zurück geführt werden können. Werden die Veränderungen der GISELA-Probanden in Abhängigkeit von Körpergewichtsveränderungen betrachtet, können die Ergebnisse der Studien aus der Literatur bestätigt werden (s. Anhang Tab. A25 und Abb. A1). Bei den GISELA-Senioren mit einer Körpergewichtszunahme ergibt sich sowohl eine Zunahme der absoluten FFM als auch der absoluten Fettmasse, bei den Senioren mit einer Körpergewichtsabnahme kann eine Abnahme der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse beobachtet werden und die gewichtsstabilen Senioren nehmen relativ wenig absolute FFM ab, welche sie durch eine Zunahme der absoluten Fettmasse kompensieren.

Letztendlich zeigt die Betrachtung der Körpergewichtsgruppen, dass die Körpergewichtsentwicklung wichtig für die Veränderung der Körperzusammensetzung ist. Das Altern bleibt jedoch der maßgebliche Faktor für die kontinuierliche Veränderung der FFM. Heitmann und Garby 2002 konnten zeigen, dass altersbezogene Verluste der FFM, unabhängig von Körpergewichtsveränderungen, mit dem Alter ansteigen. Veränderungen der FFM, die mit Körpergewichtsveränderungen assoziiert wurden, konnten sowohl bei einer Zunahme als auch bei einer Abnahme des Körpergewichts in gleicher Größenordnung und Richtung beobachtet werden, sofern sie um die altersabhängige Veränderung in der Körperzusammensetzung adjustiert wurden. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass die körpergewichtsbezogenen Veränderungen größtenteils reversibel sind, während die mit

dem Altern verbundene Entwicklung der FFM entscheidend für die bleibende Veränderung der Körperzusammensetzung ist.

Die Mehrheit der Studien aus der Literatur zeigt, dass vor allem die älteren Männer im Verlauf des Alterns mehr absolute FFM als die Frauen abnehmen (Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Visser et al. 2003, Rossi et al. 2008, Fantin et al. 2007, Dey et al. 2009). Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die absolute Ausgangsmasse der FFM bei den Männern höher ist als bei den Frauen (Forbes und Reina 1970). Diese Annahme bestätigt sich auch darin, dass sich die prozentuale Verteilung von FFM und Fettmasse bei beiden Geschlechtern in einer vergleichbaren Größenordnung entwickelt. Die Ergebnisse der GISELA-Studie sowie von Souminen 1997 können die unterschiedliche Entwicklung der absoluten FFM zwischen den Geschlechtern nicht bestätigen.

Zusammenfassend lässt sich aus den untersuchten Studien eine ansteigende bzw. beschleunigte Abnahme der absoluten FFM beobachten. Dies scheint sich vor allem auf das fortschreitende Alter zurückführen zu lassen. Aber auch andere Faktoren, wie der Gesundheitsstatus, Körpergewichtsveränderungen, eine abnehmende Aktivität sowie individuelle Faktoren können eine Rolle spielen.

Insgesamt betrachtet sind die Ergebnisse zur Fettmasse sehr unterschiedlich. Bei Betrachtung getrennt nach Altersgruppen kann jedoch für die Gruppe der jüngeren Senioren eine überwiegend übereinstimmende Zunahme der Fettmasse aufgezeigt werden (Siervogel et al. 1998, Guo et al 1999, Hughes et al. 2002 & 2004, Kyle et al. 2006b). Die Zunahme bei den jüngeren Frauen liegt zwischen 0,10 und 0,52 kg / Jahr (Siervogel et al. 1998, Guo et al 1999, Hughes et al. 2002 & 2004, Kyle et al. 2006b). Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie liegen mit 0,16 kg / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,17 kg / Jahr (Teilkollektiv) in einer vergleichbaren Größenordnung und bestätigen somit den Verlauf aus der Literatur. Die Ergebnisse aus den vergleichenden Studien für die jüngeren Männer liegen zwischen 0,13 und 0,37 kg / Jahr (Siervogel et al. 1998, Guo et al 1999, Hughes et al. 2002 & 2004, Kyle et al. 2006b). Für die Gruppe der jüngeren Männer (Gesamt- und Teilkollektiv) konnten in der GISELA-Studie keine signifikanten Veränderungen ermittelt werden, jedoch zeigt sich ein klarer Trend ( $p = 0,0631$  bzw.  $p = 0,0558$ ), der ebenfalls eine Zunahme von 0,11 kg bzw. 0,16 kg / Jahr beschreibt. Die vergleichsweise niedrige Zunahme der Fettmasse der jüngeren Männer der vorliegenden Arbeit ist vermutlich auf

die unterschiedliche Definition der Altersgruppen in den Studien von Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2002 & 2004 und Kyle et al. 2006b zurückzuführen. Während in der vorliegenden Arbeit das Kollektiv in eine Altersgruppe, die ein relativ kleines Altersspektrum (60-69 Jahre) abdeckt, eingeteilt wurde, beinhalten die Studien aus der Literatur ein breiteres Spektrum. Beispielsweise untersuchten Kyle et al. 2006b Probanden in einem Altersbereich von 45-74 Jahren. Das heißt, die Probanden sind im Durchschnitt jünger als in der GISELA-Studie und zeigen daher vermutlich eine höhere Zunahme der Fettmasse.

Für die älteren Senioren ist die Veränderung der Fettmasse uneinheitlich. Bei den älteren Frauen zeigt die Mehrheit der Studien, ebenso wie die GISELA-Studie (Gesamt- und Teilkollektiv), keine Veränderungen (Gallagher et al. 2000, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009). Die Studie von Woo et al. 2001 zeigt eine Abnahme von 0,37 kg / Jahr, während Zamboni et al. 2003 eine Zunahme von 0,30 kg / Jahr beobachteten. Der Unterschied lässt sich auch hier möglicherweise auf die verschiedenen Altersbereiche zurückführen. Während Woo et al. 2001 mit einem durchschnittlichen Alter von 77,5 Jahren ein eher altes Kollektiv untersuchten, sind die Probanden bei Zamboni et al. 2003 mit durchschnittlichen 71,6 Jahren vergleichsweise jünger.

Die Gruppe der älteren Männer (Gesamtkollektiv) zeigt ebenfalls in vielen der untersuchten Studien, wie auch in der GISELA-Studie, keine Veränderung der absoluten Fettmasse mit zunehmendem Alter (Zamboni et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009). Steen et al. 1979 und Gallagher et al. 2000 konnten jedoch eine Zunahme feststellen, während Woo et al. 2001 und Visser et al. 2003 eine Abnahme im älteren männlichen Kollektiv beobachten konnten. Bei Steen et al. 1979 und Gallagher et al. 2000 lässt sich der Grund für die Zunahme der absoluten Fettmasse vermutlich in der Zusammensetzung des Kollektivs finden. Zum einen sind die Probandengruppen relativ klein und lassen dadurch einen möglichen Bias zu. Zum anderen sind die Kollektive im Vergleich zu den anderen älteren Kollektiven in den hier betrachteten Studien noch verhältnismäßig jung. Im Gegensatz dazu zeigen die Studien von Visser et al. 2003 und Woo et al. 2001 eine Abnahme der Fettmasse mit zunehmendem Alter. Die Ergebnisse von Visser et al. 2003 basieren auf zwei aufeinanderfolgenden Untersuchungsjahren. Bei genauer Betrachtung der Ergebnisse der GISELA-Studie zeigt sich, dass der Verlauf über den kompletten Untersuchungszeitraum mit Schwankungen gekennzeichnet ist. Das heißt,

die Betrachtung von zwei direkt aneinander anschließenden Messpunkten gibt zwar ein valides Ergebnis wieder, aber gegebenenfalls nur einen kleinen Ausschnitt der Veränderungen im Verlauf des Alterns. Die Ergebnisse von Woo et al. 2001, die eine Abnahme von 0,17 kg / Jahr beobachteten, lassen sich vermutlich auf das vergleichsweise hohe durchschnittliche Alter von 79,5 Jahren zurückführen.

Im Vergleich der Geschlechter scheint es für Männer und Frauen unterschiedliche Veränderungen der absoluten Fettmasse im Verlauf des Alterns zu geben. In den jüngeren Kollektiven lässt sich für die Frauen eine stärkere Zunahme beobachten (Siervogel et al. 1998, Guo et al. 1999, Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b). Mit fortschreitendem Alter (ab ca. dem 70. Lebensjahr) kann aus den vorliegenden Studien kein bedeutender Unterschied zwischen Frauen und Männern und der Entwicklung der absoluten Fettmasse erkannt werden (Steen et al. 1979, Gallagher et al. 2000, Woo et al. 2001, Visser et al. 2003, Zamboni et al. 2003, Fantin et al. 2007, Rossi et al. 2008, Dey et al. 2009). Diese Beobachtungen lassen sich durch die vorliegende Studie bestätigen. Während in der GISELA-Studie für die jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs eine größere Zunahme der Fettmasse als bei den Männern aufgezeigt werden konnte, ließ sich für die älteren Frauen und Männer des Gesamtkollektivs als auch für die älteren Frauen des Teilkollektivs keine Veränderung feststellen.

Zusammenfassend kann sowohl in der Literatur als auch in der GISELA-Studie zunächst eine Zunahme der Fettmasse verzeichnet werden, welche ab einem gewissen Alter in ein Plateau (gleichbleibende Fettmasse) abflacht. Dieser Übergang scheint zwischen dem 70. und 75. Lebensjahr stattzufinden. Ab einem bestimmten Zeitpunkt im hohen Alter lässt sich ein Wendepunkt vermuten und die absolute Fettmasse beginnt abzunehmen. Die Ergebnisse von Woo et al. 2001 lassen diesen Zeitpunkt zwischen dem 75. und 80. Lebensjahr vermuten, der genaue Zeitpunkt scheint jedoch nicht genau festlegbar.

Die Veränderung der prozentualen FFM und der prozentualen Fettmasse im Verlauf des Alterns wird nur in wenigen Studien untersucht. Dennoch zeigt die Datenlage – insbesondere für die Gruppe der jüngeren Senioren – ein konsistentes Bild (Siervogel et al. 1998, Hughes et al. 2002 & 2004). Mit zunehmendem Alter scheint sich eine Verschiebung in Richtung der Fettmasse zu ergeben. Die absolute FFM wird im Verhältnis zum Körpergewicht geringer und die absolute Fettmasse nimmt zu. Die Ergebnisse der



GISELA-Studie zeigen für die jüngeren Frauen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs (Tendenz,  $p = 0,0505$ ) eine entsprechende Entwicklung. Die jüngeren Männer der vorliegenden Untersuchung zeigen keine signifikante Veränderung bezüglich der prozentualen FFM und der prozentualen Fettmasse.

Für die Gruppe der älteren Senioren gibt es nur wenige Studien, welche die Veränderung der prozentualen FFM und der prozentualen Fettmasse beschreiben (Suominen 1997, Zamboni et al. 2003, Dey et al. 2009). Lediglich Zamboni et al. 2003 konnten für ihre weiblichen Teilnehmer und Dey et al. 2009 für ihre männlichen Probanden eine Zunahme der prozentualen Fettmasse bzw. eine Abnahme der prozentualen FFM aufzeigen. Für die männlichen Teilnehmer von Zamboni et al. 2003 und die weiblichen Probanden von Dey et al. 2009 konnten keine Veränderungen beobachtet werden. Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie zeigen sowohl für die älteren Frauen (Gesamt- und Teilkollektiv) als auch für die älteren Männer keine Veränderungen und bestätigen somit das Ergebnis von Suominen 1997. Für die Männer der vorliegenden Untersuchung konnte ein entsprechendes Ergebnis erwartet werden, da sowohl absolute FFM als auch absolute Fettmasse sich nicht verändert haben. Für die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs wurde eine Abnahme der absoluten FFM beobachtet, während die absolute Fettmasse unverändert blieb. Demnach hätte ein Anstieg der prozentualen Fettmasse erwartet werden können. Möglicherweise konnte aufgrund der verhältnismäßig geringen Auswirkungen im Bezug auf das Körpergewicht jedoch keine statistische Signifikanz ermittelt werden.

Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Abnahme der Skelettmuskelmasse, zu einer Atrophie der inneren Organe (Leber, Milz, Nieren, Gehirn) sowie zu einer Verringerung der Knochenmasse (Rudman 1985). Diese Veränderungen tragen zu einem Rückgang der FFM bei. Den größten Einfluss auf die Verringerung der FFM hat allerdings die Abnahme der Skelettmuskelmasse (Kuczmarski 1989, Baumgartner et al. 1995, Gallagher et al. 2000, Fantin et al. 2007). So bestimmten Gallagher et al. 2000 und Fantin et al. 2007 in ihren Langzeitstudien neben der absoluten FFM die absolute appendikulare FFM (Summe der knochenfreien FFM der Arme und Beine) mittels DEXA. Die appendikulare FFM wird als ein Indikator der Skelettmuskelmasse angesehen (Visser et al. 2003). Dabei konnten Gallagher et al. 2000 für ihre männlichen Teilnehmer eine Abnahme der absoluten FFM von 0,30 kg / Jahr beobachten, wobei die Abnahme der appendikularen FFM 0,20 kg / Jahr

betrug. Fantin et al. 2007 konnten ähnliches für ihre männlichen Probanden beobachten, die absolute FFM verringerte sich um 0,35 kg / Jahr und die appendikuläre FFM um 0,24 kg / Jahr.

Die altersabhängige Abnahme der Skelettmuskelmasse wird mit dem Begriff Sarkopenie beschrieben (Rosenberg 1997, Roubenoff 2001, Newman et al. 2003b, Morley 2008). Sarkopenie resultiert in einer Abnahme der Muskelkraft (Baumgartner et al. 1998, Newman et al. 2003a, Goodpaster et al. 2006) und damit können Funktionseinschränkungen bei Alltagsaktivitäten, Behinderungen sowie der Verlust der Unabhängigkeit im Alter verbunden sein (Baumgartner et al. 1998, Janssen 2006). So konnten Baumgartner et al. 1998 zeigen, dass sarkopene Frauen eine 3,6mal höhere Rate und sarkopene Männer eine 4,1mal höhere Rate für das Vorliegen einer Behinderung im Vergleich zu der Kontrollgruppe mit normaler Muskelmasse hatten. Dabei stellten Baumgartner et al. 1998 anhand der Reduktion der Extremitätenmuskulatur um mehr als zwei Standardabweichungen vom Mittelwert einer jüngeren Referenzgruppe die Diagnose einer Sarkopenie.

Verschiedene mögliche Mechanismen werden in der Literatur diskutiert, die für diese Abnahme der FFM bzw. Skelettmuskelmasse verantwortlich sein können. Zum einen wird mit zunehmendem Alter eine verringerte Reaktion oder eine Resistenz des Muskels gegenüber verschiedenen anabolischen Stimuli, wie Innervation der Skelettmuskeln, Testosteron, Östrogene, Wachstumshormon, Proteinzufuhr, Insulin sowie ein aktiver Lebensstil vermutet (Roubenoff und Hughes 2000). Zum anderen werden katabole Impulse wie subklinische Inflamationsprozesse und die Produktion kataboler Zytokine (Tumornekrosefaktor  $\alpha$ , Interleukin-1 (IL-1), Interleukin-6 (IL-6)) in Erwägung gezogen für die Abnahme der Skelettmuskelmasse eine Rolle zu spielen (Roubenoff und Hughes 2000).

Eine wichtige neurologische Veränderung, die mit dem Altern verbunden ist und die eine maßgebliche Rolle in der Abnahme der Muskelmasse zu spielen scheint, ist die reduzierte Anzahl von  $\alpha$ -Motoneuronen sowie die gestörte Muskelfaser-Regeneration und Muskelfaser-Reinnervation (Edström et al. 2007). Mit der altersassoziierten abnehmenden Anzahl der  $\alpha$ -Motoneuronen kommt es zur Durchtrennung von Nerven zum Muskel (Denervation). Die erneute Verknüpfung der Nerven zum Muskel (Reinnervation) führt zu einer neuen

Muskelfaserbündelung, die jedoch mit einer Abnahme der koordinierten Muskelbewegung und Abnahme der Muskelkraft verbunden ist (Andersen et al. 1999). Der Querschnitt der Muskelfasern vom Typ II verringert sich mit zunehmendem Alter um 20-50 %, der Querschnitt der Muskelfasern vom Typ I etwa um 1-25 % (Doherty 2003).

Mit fortschreitendem Alter wird eine verminderte Produktion des Wachstumshormons sowie des Testosterons bei den Männern und des Östrogens bei den Frauen beobachtet (Morales et al. 2000, Roubenoff und Hughes 2000), welche ebenfalls ursächlich für die Abnahme der FFM sein könnte. Diesbezüglich konnten Tenover 1992 und Sattler et al. 2009 zeigen, dass die Gabe von Testosteron bzw. Testosteron und Wachstumshormon bei älteren Männern zu einer Zunahme der FFM führt. Bezüglich des Östrogens konnten epidemiologische Studien zwar eine präventive Wirkung von Östrogen auf den Erhalt der Muskelmasse aufzeigen (Rolland et al. 2007), jedoch fehlen die Beweise aus klinischen Studien (Hassager und Christiansen 1989, Sites et al. 2005, Thorneycroft et al. 2007). Weiterhin können Östrogen und Testosteron die Produktion kataboler Zytokine, wie IL-1 und IL-6, inhibieren und somit kann die verminderte Produktion der Geschlechtshormone eine indirekte Wirkung auf die Muskelabnahme haben (Roubenoff und Hughes 2000). Neben dem Einfluss der Geschlechtshormone auf die Produktion der Zytokine, scheint zusätzlich die Produktion von IL-1 und IL-6 in peripheren Monozyten von Senioren im Vergleich zu jungen Menschen deutlich erhöht zu sein (Roubenoff et al. 1998).

Neben hormonellen Einflüssen wird eine Abnahme der körperlichen Aktivität im Alter mit einer Reduktion der FFM bzw. Skelettmuskelmasse in Verbindung gebracht (Roubenoff und Hughes 2000). Inwieweit die körperliche Aktivität einen Einfluss auf die Veränderungen der absoluten FFM im Alter haben kann, wird in Kap. 4.5 S 124ff diskutiert.

Der Proteinabbau sowie der Bedarf an Protein scheinen im Alter erhöht zu sein (Trappe et al. 2003, Volpi et al. 2001), so dass vermutet wird, dass eine Unterversorgung mit Protein ein wesentlicher Faktor für die Entstehung und das Fortschreiten der Sarkopenie ist. Wie dieser Zusammenhang zwischen dem Proteinbedarf und dem Abbau der Muskelmasse bei Älteren genau aussieht bzw. wie hoch der tatsächliche Bedarf ist, konnte bisher noch nicht vollständig geklärt werden (Campbell et al. 1995, Castaneda et al. 1995, Volpi et al. 2003). Verschiedene Studien konnten zeigen, dass in erster Linie essenzielle Aminosäuren für die

Stimulation der muskulären Proteinsynthese verantwortlich sind, wobei Leucin eine zentrale Rolle einzunehmen scheint (Katsanos et al. 2006, Rieu et al. 2006). Ein höherer Anteil an Leucin scheint für eine signifikante Erhöhung der muskulären Proteinsynthese bei älteren Personen demnach besonders wichtig zu sein (Norman et al. 2009). Dies könnte u.a. eine Erklärung dafür sein, warum in Studien, in denen keine einzelnen Aminosäuren verabreicht bzw. nicht auf die Zusammensetzung der Proteingabe geachtet wurde, keine Veränderung auf die Muskelmasse beobachtet werden konnte.

Für den altersassoziierten Anstieg der Fettmasse können die gleichen Gründe herangezogen werden, die in Kap. 4.2.2 S 80 für die Zunahme des Körpergewichts diskutiert wurden. Der Anstieg der Fettmasse wird verursacht durch eine Abnahme des GU sowie durch eine Abnahme der körperlichen Aktivität, gepaart mit einer Energiezufuhr, die nicht an den neuen Energiebedarf angepasst ist (Going et al. 1995, Evans 1997). Ebenso werden Östrogendefizite bei älteren Frauen mit einer Zunahme der Fettmasse, insbesondere im Abdominalbereich, in Verbindung gebracht (Svendsen et al. 1995, Toth et al. 2000, Sumino et al. 2003) (s. Kap. 4.2.4 S 94).

#### **4.3.2 Gesamtkörperwasser**

Im Verlauf des Alterns konnte im Gesamtkollektiv für die jüngere Altersgruppe der Frauen eine Zunahme für das absolute GKW von 0,02 L / Jahr aufgezeigt werden. Für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs sowie für beide weiblichen Altersgruppen des Teilkollektivs konnte keine Veränderung des absoluten GKW beobachtet werden. Der prozentuale Anteil des GKW am Körpergewicht verringerte sich für die jüngeren Frauen im Gesamtkollektiv und im Teilkollektiv um 0,04 % / Jahr bzw. um 0,06 % / Jahr, für die älteren Frauen beider Kollektive hingegen eine Zunahme von 0,09 % / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,19 % / Jahr (Teilkollektiv) festgestellt werden. Weder für die beiden männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs noch für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnten Veränderungen des GKW (absolut und prozentual) mit fortschreitendem Lebensalter ermittelt werden.

Das GKW ist ebenfalls von den Veränderungen im Verlauf des Alterns betroffen. Der Körper besteht zu etwa 50,0-60,0 % und die FFM zu 73,2 % aus Wasser (Going et al.

1995). Die Veränderungen der FFM führen daher auch weitgehend zu Veränderungen des GKW. Im Folgenden werden Langzeitstudien vorgestellt, die den Zusammenhang zwischen dem GKW und dem Alter untersucht haben (Steen et al. 1979, Noppa et al. 1980, Steen et al. 1985, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009). Jedoch ist anzumerken, dass diesbezüglich die Anzahl der Langzeitstudien begrenzt ist, besonders in Hinblick auf jüngere Senioren. Ein tabellarischer Überblick über die Studienergebnisse zum GKW (L, %) geben die Tabellen A22 und A23 im Anhang.

### ***Jüngere Senioren***

**Noppa et al. 1980** untersuchten in einer Langzeitstudie bei 79 Frauen die Veränderung des GKW in einem Zeitraum von sechs Jahren zweimal. Das GKW wurde mittels Isotopendilution bestimmt. Die Probandinnen waren zum Zeitpunkt der ersten Messung 38, 46, 50, 54 und 60 Jahre alt. Das absolute GKW erhöhte sich signifikant ( $p < 0,05$ ) in der Gruppe der 60jährigen Frauen ( $n = 15$ ) um  $1,20 \pm 2,70$  L ( $0,20$  L / Jahr) während der Untersuchungsperiode. Die Veränderung der absoluten FFM wurde in dieser Studie nicht betrachtet.

### ***Ältere Senioren***

In der Langzeitstudie von **Dey et al. 2009** wurde bei 87 Teilnehmern (38 Männer und 49 Frauen) der *Nordic Research on Aging (NORA)-study* die Veränderung des absoluten GKW über eine Erhebungsphase von fünf Jahren beobachtet. Alle Probanden waren zum Zeitpunkt der ersten Messung 75,0 Jahre alt. Das absolute GKW wurde mit Hilfe der BIA ermittelt und verringerte sich sowohl bei den Männern ( $p < 0,001$ ) als auch bei den Frauen signifikant ( $p = 0,003$ ). Bei den Männern nahm parallel zum Rückgang der absoluten FFM ( $0,40$  kg / Jahr) das absolute GKW um  $0,33$  L ( $0,07$  L / Jahr) ab. Für das Frauenkollektiv konnte ebenfalls eine Abnahme der absoluten FFM ( $0,19$  kg / Jahr), einhergehend mit einer Abnahme des absoluten GKW, von  $0,25$  L ( $0,05$  L / Jahr) beobachtet werden.

In der Langzeitstudie von **Gallagher et al. 2000** wurde die Veränderung des GKW von 21 Männern (Basialter:  $72,9 \pm 5,8$  Jahre) und 54 Frauen (Basialter:  $72,2 \pm 7,8$  Jahre) mittels Isotopendilution ( $^3\text{H}_2\text{O}$ ) über eine mittlere Follow-up Periode von  $4,7 \pm 2,3$  Jahren gemessen. Für die Frauen konnte eine signifikante Reduktion ( $p = 0,005$ ) für das absolute

GKW von  $0,90 \pm 2,10$  L ( $0,19$  L / Jahr) beobachtet werden, wobei die absolute FFM sich nicht mit zunehmendem Alter veränderte. Das absolute GKW der Männer verringerte sich signifikant ( $p = 0,04$ ) um  $1,40 \pm 2,90$  L ( $0,30$  L / Jahr), die absolute FFM verringerte sich signifikant um  $1,40 \pm 1,90$  kg ( $0,30$  kg / Jahr).

**Steen et al. 1979** untersuchten in ihrer Langzeitstudie anhand der Isotopenverdünnungsmethode ( $^3\text{H}_2\text{O}$ ) bei 37 Frauen und 28 Männern das GKW zweimal in einem Abstand von fünf Jahren. Die Probanden waren zum Zeitpunkt der ersten Messung 70,0 Jahre alt. Dabei konnte sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern eine Abnahme des absoluten GKW aufgezeigt werden. Bei den Frauen betrug die Reduktion 2,0 kg ( $0,4$  kg / Jahr), bei den Männern 3,0 kg ( $0,6$  kg / Jahr) innerhalb des Erhebungszeitraums. Der prozentuale Anteil des GKW am Körpergewicht nahm sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern um 2,0 % ( $0,4$  % / Jahr) ab. Für die Veränderung des absoluten und des prozentualen GKW wurden von den Autoren keine Angaben zur Signifikanz gemacht. Steen et al. 1979 führten den Rückgang des absoluten GKW der Frauen und Männer vor allem auf eine Abnahme des extrazellulären Wassers (ECW) zurück. Das ECW verringerte sich signifikant ( $p < 0,01$ ) bei den Frauen um 1,60 kg ( $0,32$  kg / Jahr) und bei den Männern um 2,30 kg ( $0,46$  kg / Jahr). Das Körpergewicht verringerte sich für die Frauen um 1,70 kg ( $0,34$  kg / Jahr), für die Männer um 2,90 kg ( $0,58$  kg / Jahr). Die absolute FFM wurde in dieser Studie nicht ermittelt.

Die Studien von Steen et al. 1979 & 1985, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009 zeigen eine Abnahme des absoluten GKW sowohl bei den weiblichen als auch bei den männlichen Probanden. Getrennt nach Altersgruppen betrachtet zeigt sich, dass in diesen Studien vor allem ältere Senioren untersucht wurden. Lediglich Noppa et al. 1980 konnten in ihrer Langzeitstudie eine Zunahme des absoluten GKW für jüngere weibliche Senioren beobachten. Der Anstieg lässt sich höchstwahrscheinlich durch die Zunahme der absoluten FFM begründen, die, wie bereits erwähnt, zu 73,2 % aus Wasser besteht (Going et al. 1995). Die Ergebnisse der GISELA-Studie zeigen ebenfalls einen Anstieg des absoluten GKW von  $0,02$  L / Jahr für die jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs, wobei die Zunahme im Teilkollektiv lediglich als Tendenz ( $p = 0,0830$ ) aufgezeigt werden kann. Die absolute FFM der jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs nimmt jedoch um  $0,03$  kg / Jahr ab. Die jüngeren Frauen des Teilkollektivs verringern ihre FFM ebenfalls um  $0,02$  kg / Jahr, diese Beobachtung konnte jedoch nur als Tendenz ( $p = 0,1001$ ) aufgezeigt werden.

Das heißt, hier zeigt sich entgegen den Erwartungen eine gegenläufige Entwicklung der beiden Parameter. In beiden Fällen bewegt sich die Veränderung jedoch in einem so geringen Ausmaß für die jüngeren Frauen beider Kollektive, dass sich die gegenläufige Entwicklung des absoluten GKW vermutlich in den normalen Schwankungen des Wasserhaushalts (ca.  $\pm 5,0$  % pro Tag) begründen lässt. Diese Schwankungen sind individuell unterschiedlich und abhängig von hormonellen Einflüssen, der Zufuhr von Nahrung, Flüssigkeit und Salz, dem Level der körperlichen Aktivität und kulturellen Gewohnheiten (Going et al. 1995, Chumlea et al. 1999).

Die Gruppe der jüngeren GISELA-Männer (Gesamt- und Teilkollektiv) zeigt keine signifikante Veränderung des absoluten GKW im Verlauf des Alterns. Vergleichsstudien aus der Literatur konnten nicht herangezogen werden, da in der Literatur ausschließlich Männer ab 70 Jahren untersucht wurden. Da für die jüngeren Männer des Gesamt- und des Teilkollektivs auch keine Veränderung der absoluten FFM festgestellt werden konnte, lässt sich die Vermutung aufstellen, dass das absolute GKW in diesem Lebensabschnitt bei Männern konstant verläuft.

Für die älteren Frauen kann in der Literatur einheitlich eine Abnahme des absoluten GKW zwischen 0,05-0,32 L / Jahr beobachtet werden (Steen et al. 1979 & 1985, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009). Die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs der GISELA-Studie zeigten hingegen keine signifikante Abnahme im Verlauf des Alterns. Jedoch konnte eine tendenzielle Abnahme von 0,04 L / Jahr ( $p = 0,0877$ ) für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs beobachtet werden. Dieser Trend bestätigt ebenfalls den Zusammenhang zwischen dem GKW und der FFM, die für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs um 0,12 kg / Jahr abgenommen hat und daher eine Abnahme des GKW erwarten ließ.

Ein vergleichbares Bild zeigt sich für die älteren Männer. In der Literatur kann eine einheitliche Abnahme zwischen 0,06-0,45 L / Jahr beobachtet werden (Steen et al. 1979 & 1985, Gallagher et al. 2000, Dey et al. 2009), während für die männlichen GISELA-Probanden (Gesamtkollektiv) keine signifikante Abnahme festgestellt werden konnte. Die einheitliche Literaturlage sowie die tendenzielle Abnahme der absoluten FFM ( $p = 0,0938$ ) bei den älteren Männern des GISELA-Gesamtkollektivs sprechen dafür, dass sich eine Abnahme des absoluten GKW im Verlauf des Alterns ergibt. Das bei den Männern der

GISELA-Studie keine signifikante Abnahme ermittelt werden konnte, ist vermutlich auf das kleine Kollektiv zurückzuführen.

In Bezug auf den prozentualen Anteil des GKW am Körpergewicht konnten in der GISELA-Studie Veränderungen für beide weiblichen Altersgruppen des Gesamt- und des Teilkollektivs beobachtet werden, während für die beiden männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs sowie für die jüngeren Männer des Teilkollektivs keine signifikanten Ergebnisse ermittelt wurden. In der Vergleichsliteratur finden sich lediglich Daten bei Steen et al. 1979 zur prozentualen Veränderung des GKW für ein Kollektiv ab 70 Jahre. Steen et al. 1979 beschreiben in ihrer Studie eine Abnahme von 0,40 % / Jahr sowohl für die männlichen also auch für die weiblichen Probanden. Für die älteren Frauen der GISELA-Studie (Gesamt- und Teilkollektiv) kann eine Zunahme des prozentualen GKW beobachtet werden (0,09 % / Jahr bzw. 0,19 % / Jahr). Das Ergebnis resultiert vermutlich daraus, dass das Körpergewicht in einem höheren Maß abnimmt als das absolute GKW (tendenzielle Abnahme;  $p = 0,0877$ ). Die gegenläufige Beobachtung, die Steen et al. 1979 aufzeigen, begründet sich vermutlich in der auffällig starken Reduktion der absoluten FFM, die im weiblichen Kollektiv sogar die Abnahme des Körpergewichts im Beobachtungszeitraum übersteigt.

Bei den jüngeren GISELA-Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs kann eine Abnahme des prozentualen GKW beobachtet werden (0,04 % / Jahr bzw. 0,06 % / Jahr). Während das Körpergewicht der jüngeren Frauen sowohl im Gesamt- als auch im Teilkollektiv um 0,15 kg / Jahr ansteigt, steigt das absolute GKW lediglich um 0,02 kg / Jahr im Gesamtkollektiv und in der gleichen Größenordnung tendenziell im Teilkollektiv. Sowohl bei den jüngeren als auch bei den älteren GISELA-Frauen lässt sich die Beobachtung machen, dass sich das absolute GKW sowohl bei Zu- als auch bei Abnahmen nicht proportional zum Körpergewicht entwickelt und sich daher eine Veränderung des prozentualen GKW ergibt.

Eine Veränderung des absoluten GKW mit dem Alter hängt u.a. stark von der Entwicklung der absoluten FFM ab, da diese durchschnittlich 73,2 % Wasser aufweist (Going et al. 1995). Da wiederum die Veränderung der absoluten FFM stark von der Entwicklung des Körpergewichts abhängig ist, besteht hier ebenfalls ein Zusammenhang. Der Verlust des absoluten GKW wird durch Veränderungen im intrazellulären (ICW) und/oder im



extrazellulären Wasser (ECW) verursacht (Schoeller 1989, Silva et al. 2007). In der Literatur bestehen widersprüchliche Aussagen, welches der beiden Kompartimente für die Abnahme verantwortlich ist. So konnte Pierson et al. 1982 bei 30 Männern und 28 Frauen zwischen 19 und 80 Jahren ein relativ stabiles ECW und eine Abnahme des ICW aufzeigen. Im Gegensatz dazu fanden Steen et al. 1979 eine Abnahme im absoluten GKW, die hauptsächlich durch die Abnahme des ECW verursacht war. Mögliche Erklärungen für die Diskrepanz können sein, Unterschiede in der Ernährung oder dem Lebensstil, charakteristische Merkmale der „Überlebenden“ oder unterschiedliche Messmethoden der Kompartimente (Going et al. 1995).

#### **4.4            Veränderungen der anthropometrischen Parameter in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alters**

In diesem Kapitel soll der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Veränderungen der anthropometrischen Parameter (Körpergröße, BMI, Körpergewicht, Taillen-, Hüft-, Oberarmumfang, WHR) mit zunehmendem Alter betrachtet werden. Lediglich für die Gruppe der jüngeren Männer des Gesamtkollektivs konnte eine Verringerung in der Zunahme des Taillenumfangs durch körperliche Aktivität beobachtet werden.

Langzeitstudien, die untersuchen inwieweit die körperliche Aktivität auf Veränderungen der anthropometrischen Parameter bei älteren Personen Einfluss nimmt, sind lediglich in sehr geringem Umfang vorhanden. Darüber hinaus sind die Studien nur bedingt miteinander vergleichbar. Zum einen werden in den Studien die unterschiedlichsten Arten der körperlichen Aktivität erfasst, angefangen von leichter Freizeitaktivität bis hin zum Leistungssport, zudem sind berufsbezogene Aktivität sowie Haushaltsaktivität ebenfalls von Bedeutung. Zum anderen besteht eine zusätzliche Schwierigkeit in der unterschiedlichen Erfassung bzw. Messung der Aktivität (z. B. Fragebögen, physiologische Marker, Kalorimetrie oder Bewegungssensoren) in den einzelnen Studien (Montoye 2000, Westerterp und Meijer 2001).

Ob altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter durch körperliche Aktivität verhindert bzw. vermindert werden können ist unklar. In der Literatur finden sich

widersprüchliche Ergebnisse. Daher wird im Folgenden dieser Zusammenhang näher betrachtet.

In der Langzeitstudie von **Berentzen et al. 2008** wurde bei 2026 Männern (Basismedian des Alters: 53,0 Jahre) und 2782 Frauen (Basismedian des Alters: 55,0 Jahre) zwischen 21 und 81 Jahren im Verlauf von zehn Jahren untersucht, inwieweit körperliche Aktivität mit Veränderungen im Taillenumfang assoziiert ist. Die Probanden wurden mittels eines Fragebogens nach fünf verschiedenen Arten von körperlicher Aktivität befragt. Erfragt wurden Freizeitaktivitäten allgemein, sportliche Aktivitäten, Zeitaufwand für tägliches Spaziergehen und Zeitaufwand für tägliches Fahrradfahren sowie berufsbezogene körperliche Aktivität. Der Taillenumfang erhöhte sich für die Männer um 3,00 cm (Median, 0,30 cm / Jahr) und für die Frauen um 3,50 cm (Median, 0,35 cm / Jahr) während der zehn Jahre. Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Freizeitaktivität und der Veränderung im Taillenumfang anhand von Regressionsanalysen aufgezeigt werden. Für die Frauen konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen sportlichen Aktivitäten und der Veränderung im Taillenumfang beobachtet werden, wohingegen für die Männer eine signifikante inverse Beziehung (adjustiert um den Basiswert des Taillenumfangs) beobachtet werden konnte. Bei Männern ohne sportliche Aktivität wurde über den Untersuchungszeitraum ein um 0,71 cm größerer Zuwachs des Taillenumfangs ermittelt als bei Männern, die einer sportlichen Aktivität nachgingen. Bei beiden Geschlechtern konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der Veränderung im Taillenumfang und dem Zeitaufwand für tägliches Spaziergehen sowie tägliches Fahrradfahren festgestellt werden.

In der Langzeitstudie von **Kyle et al. 2006b** wurde bei 78 Männern und 53 Frauen im Alter von 20-74 Jahren die Veränderungen im Körpergewicht sowie der Einfluss von Alter und körperlicher Aktivität auf diese Veränderungen in einer mittleren Zeitspanne von  $8,0 \pm 0,8$  Jahren untersucht. Die Probanden wurden für die Untersuchung in die zwei Altersgruppen  $< 45$  Jahre und  $\geq 45$  Jahre (Männer:  $n = 28$ , Frauen:  $n = 18$ ) eingeteilt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der  $\geq 45$  Jahre alten Männer und Frauen beschrieben. Probanden die mehr als 3 h / Woche körperlich aktiv waren (vom Typ Ausdauersport: beinhaltet unbegrenzt Joggen, Tennis, Gymnastik, Ski fahren und Schwimmen auf einer normalen Basis), wurden als aktiv und die Probanden, die  $< 3$  h / Woche aktiv waren, wurden als „inaktiv“ klassifiziert. Die Angaben zur Aktivität wurden mit Hilfe eines Fragebogens

erhoben. Für die inaktiven Männer ( $n = 6$ ) konnte eine Körpergewichtszunahme von 4,0 kg (0,40 kg / Jahr) im untersuchten Zeitraum beobachtet werden. Die aktiven Männer ( $n = 22$ ) erhöhten im Vergleich zu den inaktiven Männern ihr Körpergewicht um 1,0 kg (0,10 kg / Jahr). Die inaktiven Frauen ( $n = 6$ ) erhöhten ihr Körpergewicht im Erhebungszeitraum minimal um 0,30 kg (0,03 kg / Jahr), während die aktiven Frauen ( $n = 12$ ) 2,10 kg (0,20 kg / Jahr) an Körpergewicht zunahmen. Mittels multipler Regressionsanalyse konnte keine signifikante Beziehung zwischen der körperlichen Aktivität und der Veränderung im Körpergewicht aufgezeigt werden.

In der prospektiven Follow-up Studie von **Koh-Banerjee et al. 2003** wurde bei 16587 Männern mit einem Basisalter von 40,0-75,0 Jahren während einer neun Jahre Follow-up Periode untersucht, inwieweit Zunahmen im Taillenumfang durch körperliche Aktivität beeinflussbar sind. Die Teilnehmer lieferten anthropometrische Daten und Informationen zur körperlichen Aktivität anhand eines selbstausgefüllten Fragebogens, in zweijährlichen Abständen wurde eine Aktualisierung des Fragebogens durchgeführt (per Email). Der Grad der Aktivität wurde bei der Basiserhebung erfragt. Dabei wurde nach der durchschnittlichen Zeit, welche die Probanden mit bestimmten Aktivitäten (z.B. Joggen, Fahrradfahren, Schwimmen, Tennis etc.) pro Woche verbringen, gefragt. Die Zeit, die mit jeder einzelnen Aktivität in Stunden pro Woche verbracht wurde, wurde multipliziert mit dem Energieverbrauch der entsprechenden Aktivität, ausgedrückt als metabolisches Äquivalent (MET). Anschließend wurden alle Aktivitäten summiert, um einen MET\*h Score zu erhalten. Mittels multivariater Regressionsanalysen wurde die Beziehung zwischen der Veränderung im Taillenumfang und der körperlichen Aktivität analysiert. Die Männer, die ihre Aktivität um 25 MET \* h / Woche insgesamt stark erhöhten, verringerten den Taillenumfang um  $0,38 \text{ cm} \pm 0,11$  ( $p < 0,001$ ) im Vergleich zu den Männern, die ihre körperliche Aktivität über die neun Jahre konstant hielten (Referenzgruppe); die Beziehung verblieb auch nach der BMI-Adjustierung signifikant ( $-0,19 \text{ cm}$ ;  $p = 0,02$ ). Männer, die ihr Krafttraining um 0,5 h / Woche erhöhten, erfuhren einen Verlust des Taillenumfangs von  $0,91 \text{ cm} \pm 0,16$  ( $p < 0,001$ ) im Vergleich zu den Männern, die ihr Krafttraining über die neun Jahre konstant hielten (Referenzgruppe); die Beziehung verblieb ebenfalls nach der BMI-Adjustierung signifikant ( $-0,74 \text{ cm}$ ;  $p < 0,001$ ). Ein Anstieg um 3 MET \* h / Woche für das Spaziergehen hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Taillenumfang.

**Fortier et al. 2002** untersuchten in einem Zeitabstand von sieben Jahren den Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität sowie Veränderungen in der körperlichen Aktivität und Veränderungen im Körpergewicht und im Taillenumfang. Das Kollektiv bestand aus 602 Männern und 644 Frauen im Alter von 20-69 Jahren. Die Freizeitbezogene Aktivität wurde mittels eines Fragebogens zum Basis- als auch zum Follow-up Zeitpunkt erhoben und der Energieverbrauch für diese Aktivitäten (AEE = activity energy expenditure, Aktivitätsumsatz) wurde berechnet. Das Körpergewicht erhöhte sich für die Männer um  $3,40 \pm 5,70$  kg ( $0,49$  kg / Jahr) und für die Frauen um  $3,40 \pm 6,00$  kg ( $0,49$  kg / Jahr) im untersuchten Zeitraum. Für den Taillenumfang konnte ebenfalls eine Zunahme für die Männer von  $3,90 \pm 6,70$  cm ( $0,56$  cm / Jahr) und für die Frauen von  $3,30 \pm 5,80$  cm ( $0,47$  cm / Jahr) beobachtet werden. Als Einflussfaktor für die Veränderung im Körpergewicht und im Taillenumfang wurde die Zeit der Aktivität in Minuten pro Tag und die AEE berücksichtigt und der Zusammenhang mittels multipler Regression analysiert. Weder bei den Frauen noch bei den Männern konnte ein Einfluss der Aktivität auf die Veränderungen des Körpergewichts als auch des Taillenumfangs aufgezeigt werden.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2002** wurde die Veränderung des Körpergewichts von 53 Männern (Basialter:  $61,1 \pm 8,1$  Jahre) und 78 Frauen (Basialter:  $60,0 \pm 7,4$  Jahre) sowie der Einfluss der körperlichen Aktivität auf diese Veränderung in einem mittleren Zeitabstand von  $9,4 \pm 1,4$  Jahren untersucht. Der Energieaufwand für Sport und Freizeitaktivität (SRA = sports and recreational activity) wurde mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. Dabei wurde die SRA der Probanden in Form von offenen Fragen zum Zeitpunkt der Ersterhebung und zum Follow-up-Zeitpunkt erfragt. Mit Hilfe von Regressionsanalysen wurde die Beziehung zwischen Veränderungen des Körpergewichts und der körperlichen Aktivität, adjustiert nach der Follow-up Periode und dem Geschlecht, beschrieben. Die Veränderung des Körpergewichts wurde durch das Basialter ( $p < 0,02$ ) und durch die logarithmierte wöchentliche körperliche Aktivität bei der Basiserhebung ( $p < 0,05$ ) erklärt. Insgesamt erklärten diese Prädiktoren 12,0 % der Variabilität der Körpergewichtsveränderung. Weder die körperliche Aktivität bei Follow-up noch die Veränderung der körperlichen Aktivität über die 9,4 Jahre waren mit Veränderungen im Körpergewicht sowohl der Frauen als auch der Männer assoziiert.

**Katzel et al. 2001** untersuchten in ihrer Langzeitstudie den Unterschied zwischen 42 männlichen Athleten (Basialter:  $63,4 \pm 1,0$  Jahre) und 47 inaktiven Männern

(Basialter:  $61,1 \pm 0,9$  Jahre) in Bezug auf Körpergewicht und BMI. Die Follow-up Periode lag im Mittel für die Athleten bei 8,2 Jahren (4,0-11,6 Jahre) und für die inaktiven Männer bei 9,3 Jahren (4,0-12,8 Jahre). Das Körpergewicht sowie der BMI der inaktiven Männer war im Vergleich zu den Athleten deutlich höher, das Körpergewicht bei der Basiserhebung betrug für die Inaktiven  $91,4 \pm 1,7$  kg, das der Athleten lag bei  $69,4 \pm 1,2$  kg, der BMI der inaktiven Männer betrug  $29,3 \pm 0,4$  kg/m<sup>2</sup> im Vergleich zu dem BMI der Athleten von  $23,1 \pm 0,3$  kg/m<sup>2</sup>. Weder für das Körpergewicht noch für den BMI beider Gruppen konnten signifikante Veränderungen im Verlauf der Untersuchungsperiode aufgezeigt werden.

In der prospektiven Follow-up Studie von **Kahn et al. 1997** wurde bei 35156 Männern und 44080 Frauen im Alter von 40-54 Jahren die Veränderung des BMI innerhalb von zehn Jahren und der Einfluss der körperlichen Aktivität auf diese Veränderung untersucht. Die Daten der Teilnehmer wurden mit Hilfe von Fragebögen zum Basiszeitpunkt (1982) und erneut zehn Jahre später zum Follow-up Zeitpunkt (1992) erhoben. Neben Fragen zum Körpergewicht und zur Körpergröße beinhaltete der Fragebogen Angaben zur körperlichen Aktivität. Dabei wurde nach der Aktivität im vergangenen Jahr und im Alter von 40 Jahren gefragt. Dazu wurde die durchschnittliche Zeit pro Woche für diverse Aktivitäten ermittelt, z.B. für Joggen, Schwimmen, Aerobic, Garten- und Hausarbeit usw. Der BMI erhöhte sich für die Frauen um  $1,40 \pm 1,90$  kg/m<sup>2</sup> ( $0,14$  kg/m<sup>2</sup> / Jahr) und für die Männer um  $0,60 \pm 1,70$  kg/m<sup>2</sup> ( $0,06$  kg/m<sup>2</sup> / Jahr) im Verlauf der zehn Jahre. Der Zusammenhang zwischen der Aktivität und den Veränderungen im BMI wurden mittels Regressionsanalysen getrennt nach Geschlecht ermittelt. In die Analyse wurden nur die Probanden einbezogen, die im Verlauf der zehn Jahre eine konstante Aktivität angegeben haben. Für die Frauen mit Gartenarbeit  $\geq 4$  h / Woche konnte eine signifikante ( $p < 0,001$ ) Abnahme des BMI von  $0,14 \pm 0,04$  kg/m<sup>2</sup> (SE) im Vergleich zu den Frauen beobachtet werden, die keine Gartenarbeit betrieben. Für die Männer mit Gartenarbeit  $\geq 4$  h / Woche konnte ebenfalls eine signifikante ( $p = 0,004$ ) Abnahme von  $0,11 \pm 0,04$  kg/m<sup>2</sup> (SE) im Vergleich zu den Männern, die keine Gartenarbeit im Verlauf der zehn Jahre durchführten, beobachtet werden. Ebenso konnte für die Frauen und Männer, die 1-3 h / Woche joggen gingen, eine signifikante ( $p < 0,001$ ) Abnahme des BMI von  $0,22 \pm 0,05$  kg/m<sup>2</sup> (SE) bzw.  $0,49 \pm 0,10$  kg/m<sup>2</sup> (SE) im Vergleich zu den Frauen und Männern die kein Jogging betrieben, beobachtet werden. Des Weiteren reduzierte sich der BMI bei den Frauen bzw. Männern, die  $\geq 4$  h / Woche Spazieren gehen, signifikant ( $p < 0,001$ ) um  $0,16 \pm 0,04$  kg/m<sup>2</sup> (SE) bzw.

um  $0,08 \pm 0,03 \text{ kg/m}^2$  (SE) im Vergleich zu den Frauen und Männern, die im Verlauf der zehn Jahre keine Spaziergänge durchgeführt haben.

**Haapanen et al. 1997** untersuchten in ihrer prospektiven Follow-up Studie über zehn Jahre den Zusammenhang zwischen Freizeit bezogener körperlicher Aktivität und Veränderungen im Körpergewicht von 2695 Frauen und 2564 Männern im Alter von 19-63 Jahren. Die gesamten Daten der Teilnehmer wurden mit Hilfe von Fragebögen zum Basiszeitpunkt (1980) und erneut zehn Jahre später zum Follow-up Zeitpunkt (1990) erhoben. Neben Fragen zum Körpergewicht beinhaltete der Fragebogen Angaben zur körperlichen Aktivität, die die Teilnehmer in einer Selbsteinschätzung bewerteten. In folgende Kategorien wurden die Probanden eingeteilt, wenn sie die entsprechenden Fragen beantworteten: (1) starke körperliche Aktivität zwei- oder mehrmals in der Woche; (2) starke körperliche Aktivität einmal in der Woche und einige leichte Aktivitäten; (3) einige leichte Aktivitäten jede Woche; (4) keine regelmäßige wöchentliche Aktivität. In die Kategorien wurden nur die Probanden einbezogen, die ihre körperliche Aktivität im Verlauf der zehn Jahre nicht veränderten. Als Referenzgruppe wurden die Frauen und Männer eingesetzt, die einer starken körperlichen Aktivität zwei- oder mehrmals pro Woche nachgingen. Männer, die keiner regelmäßigen wöchentlichen Aktivität nachgingen, hatten  $2,50 \text{ kg} \pm 0,50$  (SE) ( $p < 0,001$ ) mehr an Körpergewicht zugenommen im Vergleich zur Referenzgruppe. Bei den Frauen, die keine regelmäßige wöchentliche Aktivität betrieben, erhöhte sich das Körpergewicht um  $1,70 \text{ kg} \pm 0,60$  (SE) ( $p = 0,002$ ) im Vergleich zu den Frauen der Referenzgruppe. Männer und Frauen mit leichter wöchentlicher körperlicher Aktivität zeigten ebenfalls eine Zunahme im Körpergewicht von  $1,80 \text{ kg} \pm 0,40$  (SE) ( $p < 0,001$ ) bzw.  $1,30 \text{ kg} \pm 0,30$  (SE) ( $p < 0,001$ ) im Vergleich zu den Frauen und Männern der Referenzgruppe. In den zehn Jahren konnte gezeigt werden, dass die Teilnehmer, die körperlich inaktiv wurden oder schon immer waren, mehr an Körpergewicht zunahmen als diejenigen, die schon immer aktiv waren.

In der Langzeitstudie von **Pollock et al. 1997** wurde der Taillen- sowie der Hüftumfang von 21 männlichen Leichtathletiksportlern innerhalb von 20 Jahren dreimal ermittelt. Zum Zeitpunkt der Basiserhebung waren die Männer im Mittel  $50,5 \pm 8,5$  Jahre alt, nach 10 Jahren wurden die Messungen wiederholt (Alter:  $60,2 \pm 8,8$  Jahre) und nach 20 Jahren erneut (Alter:  $70,4 \pm 8,8$  Jahre). Die Probanden wurden in drei Gruppen in Abhängigkeit ihrer Aktivität eingeteilt: Hohe Aktivität (H(igh)-Gruppe, verbliebene Elitesportler,  $n = 9$ ),

Moderate Aktivität (M(oderate)-Gruppe, regelmäßiges moderates bis strenges Ausdauertraining, n = 10) und geringe Aktivität (L(ow)-Gruppe, Training sehr eingeschränkt, n = 2). Die körperliche Aktivität wurde über einen Fragebogen ermittelt, dieser lieferte Informationen über den Übungsmodus sowie die Qualität und Quantität des Trainings. Der Taillenumfang in der H-Gruppe und der M-Gruppe stieg signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 4,90 cm (0,25 cm / Jahr) bzw. um 4,30 cm (0,22 cm / Jahr) innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraums. Der Taillenumfang in der L-Gruppe stieg ebenfalls signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 11,9 cm (0,60 cm / Jahr) im Verlauf der 20 Jahre an. Der Hüftumfang blieb in allen Gruppen unverändert außer in der L-Gruppe kam es zu einem signifikanten ( $p \leq 0,05$ ) Anstieg um 2,80 cm (0,14 cm / Jahr) in der zweiten Dekade des Erhebungszeitraumes.

In der Langzeitstudie von **Taylor et al. 1994** wurde bei 568 Männern und 668 Frauen im Alter von 20-60 Jahren untersucht, inwieweit die körperliche Aktivität Veränderungen im BMI im Verlauf von sieben Jahren beeinflusst. Für jeden Proband wurde durch eine Regressionsanalyse die Veränderungsrate des BMI („BMI-Slope“) über die Zeit ermittelt. Die Aktivität wurde anhand eines Fragebogens erfasst. Die Probanden wurden anhand ihrer Aktivität in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe umfasste die Probanden, die schon immer wenig aktiv waren oder eine Abnahme in ihrer Aktivität im Verlauf der sieben Jahre zeigten, und die zweite Gruppe bestand aus Probanden, die ihre Aktivität im Beobachtungszeitraum erhöhten. Für die Frauen als auch für die Männer zeigten die Gruppen, die ihre Aktivität erhöhten, geringere Zunahmen im BMI-Slope als die Probanden, die schon immer wenig aktiv waren oder eine Abnahme in ihrer Aktivität erfuhren (Frauen:  $0,11 \pm 0,32 \text{ kg/m}^2$  vs.  $0,17 \pm 0,35 \text{ kg/m}^2$ ; Männer:  $0,08 \pm 0,24 \text{ kg/m}^2$  vs.  $0,13 \pm 0,32 \text{ kg/m}^2$ ).

Insgesamt zeigt die Literatur kein einheitliches Bild über das Ausmaß und den Einfluss der körperlichen Aktivität auf die anthropometrischen Parameter. Die vorliegenden Studien untersuchen lediglich das Körpergewicht, den BMI und den Taillenumfang. Darüber hinaus wurden in den Studien fast ausschließlich jüngere Senioren untersucht.

### ***Körpergewicht***

Die Untersuchungen der GISELA-Probanden (Gesamt- und Teilkollektiv) zeigten keinen signifikanten Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Veränderung des Körpergewichts im Verlauf des Alterns. Das betrifft sowohl die männlichen als auch die weiblichen Probanden beider Altersgruppen. Dieses Ergebnis entspricht den Beobachtungen der meisten Vergleichsstudien (Pařízková und Eiselt 1971, Katzel et al. 2001, Fortier et al. 2002, Hughes et al. 2002). In Bezug auf das Körpergewicht konnten lediglich Kyle et al. 2006b (im direkten Vergleich der Aktivitätsgruppen) und Haapanen et al. 1997 einen Einfluss der Aktivität auf die Veränderung des Parameters über den Untersuchungszeitraum ermitteln. Die beiden Studien zeigen bei hohem Aktivitätsniveau eine geringere Zunahme des Körpergewichts als bei niedriger Aktivität. Lediglich für die Gruppe der Frauen zeigt die Studie von Kyle et al. 2006b eine gegenläufige Entwicklung, was sich möglicherweise auf die geringe Größe des Untersuchungskollektivs (Inaktive:  $n = 6$ ; Aktive:  $n = 12$ ) zurückführen lässt. Ein weiterer Erklärungsansatz kann in der Intensität der Aktivität vermutet werden. Haapanen et al. 1997 unterscheiden ihre Probanden anhand von vier Aktivitätskategorien. In der Studie von Kyle et al. 2006b wird in zwei Gruppen mit jeweils niedriger und hoher Aktivität (mehr als drei Stunden Ausdauertraining) unterschieden. Auch wenn die Einteilungen nur bedingt vergleichbar sind, zeigt sich, dass die Anforderungen für die aktivste Gruppe bei Haapanen et al. 1997 höher liegen, als bei der Studie von Kyle et al. 2006b. Die aktivsten Probanden aus der Studie von Haapanen et al. 1997 zeigen jedoch mit Abstand den deutlichsten Zusammenhang zwischen Aktivität und Entwicklung des Körpergewichts. Daraus lässt sich die Vermutung ableiten, dass vor allem Aktivität auf höherem Niveau einen Einfluss auf die Körpergewichtsentwicklung haben kann. Diese Vermutung lässt sich jedoch durch die Ergebnisse der GISELA-Studie nicht bestätigen.

### ***BMI***

Die Untersuchungen des Gesamt- und des Teilkollektivs zeigten sowohl für die weiblichen als auch für die männlichen Probanden keinen signifikanten Einfluss der Aktivität auf die Veränderung des BMI im Verlauf des Alterns. In den Studien von Hughes et al. 2002 und Katzel et al. 2001 konnte ebenfalls kein Einfluss der Aktivität in Bezug auf den BMI beobachtet werden. Kahn et al. 1997 und Taylor et al. 1994 konnten hingegen einen



positiven (reduzierenden) Einfluss der Aktivität auf den BMI feststellen. Während GISELA, Hughes et al. 2002 und Katzel et al. 2001 den Gesamtumfang der täglichen Aktivität betrachteten, lag der Studienschwerpunkt bei Kahn et al. 1997 gezielt auf der Analyse einzelner Aktivitäten (wie z.B. Gartenarbeit, Jogging, etc.). Die Referenzgruppe zeichnete sich durch „keine Aktivität“ im entsprechenden Aktivitätsfeld aus, lässt aber keinen Rückschluss über den Gesamtumfang der täglichen Aktivität zu. Die Ergebnisse von Taylor et al. 1994 lassen sich ebenfalls nur bedingt mit den anderen Studien vergleichen. In der Untersuchung wurden zwei Gruppen betrachtet; ein Kollektiv mit gleichbleibendem und ein Kollektiv mit zunehmendem Aktivitätsniveau. Aufgrund der Steigerung der Aktivität im Untersuchungszeitraum können die Effekte aus der Veränderung des Aktivitätsniveaus und des Alterns nicht isoliert betrachtet werden.

### ***Körperumfänge***

Lediglich für die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs konnte ein positiver (reduzierender) Effekt der Aktivität auf die Entwicklung des Taillenumfangs festgestellt werden. Für den Hüft- und Oberarmumfang konnten in keinem Kollektiv der vorliegenden Untersuchung signifikante Einflüsse der körperlichen Aktivität aufgezeigt werden.

Die Mehrheit der hier untersuchten Studien aus der Literatur betrachtete den Taillenumfang. Darüber hinaus wurden vorwiegend jüngere, männliche Kollektive untersucht. Pollock et al. 1997, Koh-Banerjee et al. 2003 und Berentzen et al. 2008 konnten eine analoge Entwicklung zu der GISELA-Studie feststellen. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Studie von Koh-Banerjee et al. 2003 mit sich verändernden Aktivitätsniveaus gearbeitet hat und daher nur bedingt vergleichbare Ergebnisse liefert. Koh-Banerjee et al. 2003 konnte jedoch ebenfalls aufzeigen, dass die Entwicklung des Taillenumfangs in einem gegenläufigen Verhältnis zur Steigerung der Aktivität steht. Das heißt, bei zunehmender Steigerung des Aktivitätsniveaus reduzierte sich der Taillenumfang zunehmend im Vergleich zur Referenzgruppe. Pollock et al. 1997 konnten für ihre inaktiven Probanden eine mehr als doppelt so große Zunahme des Taillenumfangs pro Jahr im Vergleich zu den aktiven Probandengruppen aufzeigen und den positiven Einfluss der Aktivität ebenfalls bestätigen. Lediglich Fortier et al. 2002, die sowohl jüngere männliche Senioren als auch jüngere weibliche Senioren untersuchten, konnten jedoch keinen Einfluss der Aktivität auf die Entwicklung des Taillenumfangs aufzeigen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nur für den Taillenumfang sowohl in der GISELA-Studie (jüngere Männer des Gesamtkollektivs) als auch in der Mehrheit der Vergleichsstudien (Pollock et al. 1997, Koh-Banerjee et al. 2003, Berentzen et al. 2008) ein Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und der altersbedingten Entwicklung aufgezeigt werden konnte. Die positiven Effekte der körperlichen Aktivität auf die Veränderung des Taillenumfangs können durch die vorrangige Verwertung der intraabdominalen Fettzellen gegenüber den glutealen Fettzellen erklärt werden. Die Fettzellen aus dem Glutealbereich sind gegenüber den abdominalen Fettzellen langsamer zu mobilisieren (Krotkiewski 1988).

Ein Erklärungsansatz für den häufig nicht erkennbaren Einfluss der Aktivität auf die Entwicklung der Parameter Körpergewicht und BMI kann ein zu geringes Aktivitätsniveau sein. So zeigen Kahn et al. 1997, Pollock et al. 1997 und Berentzen et al. 2008 auf, dass der Einfluss der Aktivität insbesondere bei einem sehr hohen Aktivitätsniveau beobachtet werden kann. Um diese Veränderungen zu induzieren, könnten intensive Aktivitäten wie Joggen > 4 h pro Woche oder regelmäßiges Krafttraining erforderlich sein (Kahn et al. 1997, Koh-Banerjee et al. 2003). Saris et al. 2003 vermuten, dass moderate intensive Aktivität von ungefähr 45-60 min / d oder ein PAI von 1,70 erforderlich ist, um das Körpergewicht zu halten.

#### **4.5 Veränderungen der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit der körperlichen Aktivität im Verlauf des Alterns**

In diesem Kapitel soll der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Veränderungen der absoluten und prozentualen FFM, der absoluten und prozentualen Fettmasse sowie des absoluten und prozentualen GW betrachtet werden. Für beide Altersgruppen sowohl der Frauen als auch der Männer des GISELA-Gesamtkollektivs und für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnten keine Effekte der körperlichen Aktivität auf die Veränderungen der einzelnen Parameter der Körperzusammensetzung nachgewiesen werden. Wohingegen für die Frauen des Teilkollektivs eine Verringerung in der Abnahme der absoluten FFM als auch des absoluten GW durch körperliche Aktivität beobachtet werden konnte. Der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Veränderung der FFM und des GW unterscheidet sich nicht zwischen den jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs.

Langzeitstudien, die untersuchen inwieweit die körperliche Aktivität auf Veränderungen der Körperzusammensetzung bei älteren Personen Einfluss nimmt, sind lediglich in sehr geringem Umfang vorhanden. Darüber hinaus sind die Studien nur bedingt miteinander vergleichbar (s. Kap. 4.4 S 115). Inwieweit die altersabhängigen Veränderungen der Körperzusammensetzung durch die körperliche Aktivität beeinflussbar sind, soll im Folgenden näher betrachtet werden.

In der Langzeitstudie von **Kyle et al. 2006b** wurde bei 78 Männern und 53 Frauen im Alter von 20-74 Jahren die Veränderungen im Körpergewicht und in der Körperzusammensetzung sowie der Einfluss von Alter und körperlicher Aktivität auf diese Veränderungen in einer mittleren Zeitspanne von  $8,0 \pm 0,8$  Jahren untersucht. Die Probanden wurden für die Untersuchung in zwei Altersgruppen  $< 45$  Jahre und  $\geq 45$  Jahre (Männer:  $n = 28$ , Frauen:  $n = 18$ ) eingeteilt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der  $\geq 45$  Jahre alten Männer und Frauen beschrieben. Die Angaben zur Aktivität wurden mit Hilfe eines Fragebogens erhoben, dabei wurden die Probanden gefragt, wie viel h pro Woche sie aktiv waren sowie welche Art, Frequenz und Intensität der körperlichen Aktivität durchgeführt wurden. Probanden, die mehr als 3 h / Woche körperlich aktiv waren (vom Typ Ausdauersport: beinhaltet unbegrenzt Joggen, Tennis, Gymnastik, Ski fahren und Schwimmen auf einer normalen Basis) wurden als aktiv deklariert, die Probanden die  $< 3$  h / Woche aktiv waren wurden als „inaktiv“ klassifiziert. Die Körperzusammensetzung wurde mittels BIA ermittelt. Die inaktiven Männer ( $n = 6$ ) verloren trotz einer Körpergewichtszunahme von 4,0 kg (0,50 kg / Jahr) absolute FFM in Höhe von 1,0 kg (0,13 kg / Jahr) im untersuchten Zeitraum. Für die aktiven Männer ( $n = 22$ ) war im Vergleich zu den inaktiven Männern eine geringe Zunahme im Körpergewicht (1,0 kg (0,13 kg / Jahr)) notwendig, um die absolute FFM aufrechtzuerhalten. Die absolute Fettmasse der aktiven Männer stieg um 0,80 kg (0,10 kg / Jahr) an, während die der inaktiven Männer deutlich stärker um 5,0 kg (0,63 kg / Jahr) im untersuchten Zeitraum anstieg. Die inaktiven Frauen ( $n = 6$ ) erhöhten ihr Körpergewicht im Erhebungszeitraum minimal, während die aktiven Frauen ( $n = 12$ ) an Körpergewicht zunahmen (0,30 kg vs. 2,10 kg). Dennoch verloren beide Gruppen der Frauen an absoluter FFM im Untersuchungszeitraum, für die aktiven Frauen konnte eine Abnahme von 0,60 kg (0,08 kg / Jahr) und für die inaktiven Frauen von 1,50 kg (0,19 kg / Jahr) beobachtet werden. Die aktiven und nicht aktiven Frauen erhöhten ihre absolute Fettmasse um 2,70 kg (0,34 kg / Jahr) bzw. 1,80 kg (0,23 kg / Jahr) im Untersuchungszeitraum. Mittels multipler Regressionsanalyse konnte keine signifikante

Beziehung zwischen körperlicher Aktivität und der Veränderung der absoluten FFM aufgezeigt werden.

In der Langzeitstudie von **Raguso et al. 2006** wurde bei 74 Männern und 66 Frauen zwischen 65 und 92 Jahren die Veränderung der Körperzusammensetzung und der Einfluss der körperlichen Aktivität in der Freizeit auf diese Veränderungen über eine Follow-up Periode von drei Jahren untersucht. Fettmasse und FFM wurden mit Hilfe der DEXA bestimmt. Der Energieverbrauch täglicher Aktivitäten wurde anhand eines validierten Fragebogens ermittelt. Der Gesamtenergieverbrauch pro Woche wurde berechnet durch die Multiplikation der Anzahl an Minuten, die pro Woche für jede Aktivität aufgebracht wurden, mit dem Körpergewicht und dem Level des metabolischen Äquivalents (MET) (entnommen aus Standardtabellen). Die Aktivität wurde als leicht betrachtet, wenn sie  $< 4$  MET entsprach, moderat 4-6 MET und schwere  $> 6$  MET. Moderate Aktivität ist z.B. Gartenarbeit, Holz hacken, Gymnastik und schwere z.B. Treppen steigen, Tennis spielen, Schwimmen und Joggen. Die Probanden wurden als „inaktiv“ klassifiziert, wenn weniger als 10 % ihres gesamten Energieverbrauchs moderate bis schwere Aktivitäten ausmachten. Die Autoren unterschieden die beobachteten Veränderungen nicht zwischen Männern und Frauen, erwähnten aber, dass die Veränderungen für die Frauen und Männer sich etwa in der gleichen Größenordnung bewegten. Obwohl das Körpergewicht innerhalb der drei Jahre stabil blieb, verringerte sich die FFM signifikant ( $p = 0,01$ ) um  $0,30 \pm 1,40$  kg ( $0,10$  kg / Jahr). Die Fettmasse erhöhte sich signifikant ( $p = 0,0006$ ) um  $0,60 \pm 2,20$  kg ( $0,20$  kg / Jahr) und es konnte eine Akkumulierung der Fettmasse im Abdomen beobachtet werden. Mittels multipler Regressionsanalysen konnte gezeigt werden, dass FFM-Veränderungen positiv durch die Veränderungen im Körpergewicht erklärt werden konnten ( $R^2 = 0,39$ ,  $p < 0,0001$ ), wobei Geschlecht, Alter und das Level an körperlicher Aktivität keinen Einfluss hatten. Die Veränderung der Fettmasse konnte ebenfalls durch Veränderungen im Körpergewicht erklärt werden ( $R^2 = 0,73$ ,  $p < 0,0001$ ), während Alter, Geschlecht und körperliche Aktivität keinen Einfluss zeigten.

In der Langzeitstudie von **Hughes et al. 2002** wurde die Veränderung der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse von 53 Männern (Basisalter:  $61,1 \pm 8,1$  Jahre) und 78 Frauen (Basisalter:  $60,0 \pm 7,4$  Jahre) sowie der Einfluss der körperlichen Aktivität auf diese Veränderungen untersucht. Die Körperzusammensetzung wurde mit Hilfe der Hydrodensitometrie an zwei Zeitpunkten getrennt durch einen mittleren Zeitabstand von

9,4 ± 1,4 Jahren ermittelt. Der Energieverbrauch für Sport und Freizeitaktivität (SRA = sports and recreational activity) wurde mit Hilfe eines Fragebogens bestimmt. Dabei wurde die SRA der Probanden in Form von offenen Fragen zum Zeitpunkt der Ersterhebung und zum Follow-up-Zeitpunkt erfragt. Der Energieverbrauch jeder Aktivität wurde berechnet anhand des Zeitaufwands (in Minuten), des Körpergewichts und der MET-Levels (entnommen aus Standardtabellen). Körperliche Inaktivität wurde definiert als ein Energieverbrauch < 500 kcal / Woche durch Sport und Freizeit. Mit Hilfe von multiplen Regressionsanalysen wurde jeweils die Beziehung zwischen Veränderungen der absoluten FFM sowie der absoluten Fettmasse und der körperlichen Aktivität, adjustiert nach der Follow-up Periode und dem Geschlecht, beschrieben. Weder die körperliche Aktivität bei der Basis- oder Follow-up Erhebung noch die Veränderung der körperlichen Aktivität über die 9,4 Jahre waren mit Veränderungen in der absoluten FFM, sowohl der Frauen als auch der Männer, assoziiert. Da sich die Veränderungen der Fettmasse im Verlauf des Alterns als signifikant unterschiedlich zwischen Männern und Frauen herausstellten, wurden separate Analysen für Männer und Frauen bezüglich der Fettmasse durchgeführt. Die Veränderung der Fettmasse der Frauen wurde durch das Basisalter ( $p < 0,0001$ ), durch die Veränderung im Körpergewicht ( $p < 0,0001$ ) und durch die logarithmierte wöchentliche körperliche Aktivität bei der Basiserhebung ( $p < 0,02$ ) erklärt. Für die Männer konnte die Veränderung der Fettmasse lediglich durch Veränderungen im Körpergewicht ( $p < 0,0001$ ) erklärt werden. Krafttraining konnte nicht als unabhängiger Prädiktor für Veränderungen der FFM herausgestellt werden, der Grund dafür, erklärten die Autoren, lag vermutlich an der kleinen Gruppe (8,0 % der Probanden), die Krafttraining betrieben.

In der Langzeitstudie von **Pollock et al. 1997** wurde die Körperzusammensetzung von 21 männlichen Leichtathletiksportlern (15 Läufer, 6 Geher) innerhalb von 20 Jahren dreimal ermittelt. Zum Zeitpunkt der Basiserhebung waren die Männer im Mittel 50,5 ± 8,5 Jahre alt, nach 10 Jahren (Alter: 60,2 ± 8,8 Jahre) und nach 20 Jahren wurden die Messungen wiederholt (Alter: 70,4 ± 8,8 Jahre). Die Probanden wurden in drei Gruppen in Abhängigkeit ihrer Aktivität eingeteilt: Hohe Aktivität (H(igh)-Gruppe, verbliebene Elitesportler,  $n = 9$ ), Moderate Aktivität (M(oderate)-Gruppe, regelmäßiges moderates bis strenges Ausdauertraining,  $n = 10$ ) und geringe Aktivität (L(ow)-Gruppe, Training sehr eingeschränkt,  $n = 2$ ). Die Körperzusammensetzung wurde mittels Hautfaltendickemessung bestimmt und die körperliche Aktivität wurde über einen Fragebogen ermittelt. Dieser lieferte Informationen über den Übungsmodus sowie die Qualität und Quantität des

Trainings. Das Körpergewicht blieb für die H- und M-Gruppe über die gesamte Periode stabil, während für die L-Gruppe ein signifikanter Anstieg ( $p \leq 0,05$ ) von 5,6 kg innerhalb der 20 Jahre beobachtet werden konnte. In der H- und M-Gruppe nahm die absolute FFM signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 3,8 kg bzw. 2,7 kg innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraums ab. Die prozentuale Fettmasse nahm gleichzeitig in der H-Gruppe signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 5,1 % zu, in der M-Gruppe konnte ebenfalls eine signifikante ( $p \leq 0,05$ ) Zunahme der prozentualen Fettmasse um 4,5 % beobachtet werden. Die absolute FFM in der L-Gruppe verringerte sich innerhalb der ersten Untersuchungsdekade signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 2,3 kg, erhöhte sich jedoch in der zweiten Untersuchungsdekade signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 2,1 kg. Die prozentuale Fettmasse der L-Gruppe stieg signifikant ( $p \leq 0,05$ ) um 6,1 % innerhalb der 20 Jahre. Des Weiteren untersuchten Pollock et al. 1997 bei den Probanden die Auswirkung von regelmäßigem Krafttraining („resistance training“,  $n = 16$ ) sowie keinem Krafttraining ( $n = 5$ ) auf die Entwicklung der FFM in einem Zeitraum von zehn Jahren. Dabei reduzierte sich die absolute FFM bei den Probanden mit dem regelmäßigen Krafttraining um  $0,40 \text{ kg} \pm 2,10$  ( $0,04 \text{ kg} / \text{Jahr}$ ), die der Probanden ohne dieses Krafttraining um  $1,0 \text{ kg} \pm 1,0$  ( $0,10 \text{ kg} / \text{Jahr}$ ).

In der Langzeitstudie von **Plowman et al. 1979** wurde bei 36 Frauen zwischen 18 und 68 Jahren in einem Untersuchungszeitraum von 3,5-9,0 Jahren untersucht, inwieweit sich die prozentuale Fettmasse in zwei unterschiedlichen Aktivitätsgruppen verändert hat. Die Aktivität wurde mittels Fragebogens erhoben, dabei wurde nach dem Aktivitätslevel (sehr aktiv, ziemlich aktiv, moderat aktiv oder selten aktiv) während der frühen Kindheit, Jugendzeit und im Erwachsenenleben gefragt. Zusätzlich wurde nach der aktuellen beruflichen und freizeitbezogenen Aktivität gefragt und die Zeit, die sie wöchentlich dafür aufbringen. Anhand dieser Informationen wurde eine Punkteskala entwickelt, mit deren Hilfe die Probanden, wenn sie am oder über dem Mittelwert lagen, als aktiv und diejenigen, die unterhalb des Mittelwerts lagen, als inaktiv klassifiziert wurden. Die Fettmasse wurde mittels Hydrodensitometrie bestimmt. Die prozentuale Fettmasse erhöhte sich für beide Gruppen, aber für die weniger aktiven Frauen konnte ein signifikant ( $p < 0,05$ ) stärkerer Anstieg von 5,6 % ( $0,9 \% / \text{Jahr}$ ) im Vergleich zu 1,3 % ( $0,2 \% / \text{Jahr}$ ) für die Aktiven beobachtet werden.

### ***FFM***

Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie zeigen für das Gesamtkollektiv keinen Einfluss der Aktivität auf die Veränderung der FFM mit zunehmendem Alter (absolute und prozentuale Veränderung). Für die Frauen des Teilkollektivs konnte hingegen ein Einfluss der körperlichen Aktivität auf die absolute FFM beobachtet werden. Die Studien in der Literatur lassen sich in zwei unterschiedliche Analyseverfahren einteilen. Plowman et al. 1979, Pollock et al. 1997, Pařízková und Eiselt 1971 ziehen einen direkten Vergleich zwischen Probandengruppen mit unterschiedlichen Aktivitätsniveaus. Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b und Raguso et al. 2006 nutzen eine Regressionsanalyse, um nicht nur die Veränderungen zu ermitteln, sondern auch den Zusammenhang zu überprüfen. In der Gegenüberstellung der beiden Analyseverfahren zeigt sich, dass die Studien mit Regressionsanalysen analog zu den Ergebnissen des Gesamtkollektivs der GISELA-Studie keinen Einfluss der Aktivität auf die FFM beobachten konnten. Lediglich die Ergebnisse der Frauen des GISELA-Teilkollektivs zeigen einen Zusammenhang zwischen Aktivität und absoluter FFM auf.

Die Studien, die aktive und inaktive Gruppen verglichen haben (Pařízková und Eiselt 1971, Pollock et al. 1997, Kyle et al. 2006b), zeigen hingegen durchgehend eine geringere Abnahme der FFM in der Probandengruppe mit höherer Aktivität. Einzige Ausnahme ist die Studie von Pařízková und Eiselt 1971, die keine Veränderung der FFM für beide Aktivitätsniveaus feststellen konnte.

Der Unterschied der Ergebnisse aus den Studien mit Regressionsanalysen (Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b, Raguso et al. 2006) und den Studien mit einem Vergleich zwischen aktiven und inaktiven Probanden (Plowman et al. 1979, Pollock et al. 1997, Pařízková und Eiselt 1971) weist darauf hin, dass die Aktivität wahrscheinlich im Zusammenspiel mit anderen Faktoren einen mittelbaren aber nicht direkten Einfluss auf die Entwicklung der absoluten FFM im Verlauf des Alterns hat. So lässt sich beispielsweise vermuten, dass ein Zusammenhang mit der Veränderung des Körpergewichts besteht (Forbes 1992, Pollock et al. 1997, Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006a). Pollock et al. 1997 konnten beobachten, dass die absolute FFM in der Gruppe der Probanden mit geringer Aktivität zugenommen hat, da gleichzeitig eine starke Zunahme im Körpergewicht vorlag. In den Gruppen mit moderater bis starker Aktivität hingegen konnte eine

Abnahme der FFM aufgezeigt werden, während das Körpergewicht in diesen Gruppen über den gesamten Untersuchungszeitraum stabil blieb. Forbes 1992 vermutete, dass körperliche Aktivität den Verlust der FFM nicht verhindern kann, wenn bei körperlich aktiven Personen ein Verlust im Körpergewicht auftritt.

Ein direkter Einfluss der Aktivität lässt sich nur unter bestimmten Voraussetzungen beobachten. Maßgeblich scheint hier einerseits die Intensität und andererseits die Art der Aktivität zu sein (Campbell et al. 1994, Hunter et al. 2002, Campbell et al. 2009, Onambélé-Pearson et al. 2010, Sillanpää et al. 2010). So lässt sich in der GISELA-Studie beobachten, dass das aktivere Teilkollektiv (s. Anhang Tab. A24) einen signifikanten Einfluss der Aktivität auf die absolute FFM zeigt, während das weniger aktive Gesamtkollektiv keinen Zusammenhang aufweist. Kyle et al. 2006b vermuten, dass ein Aktivitätsniveau von  $\geq 1$  h / Tag erforderlich ist oder ein PAI größer als 1,40-1,60 nötig ist, um einen Einfluss der körperlichen Aktivität auf die Entwicklung des Körpergewichts sowie der Körperzusammensetzung zu haben (Saris et al. 2003). Die Beobachtungen der GISELA-Studie (Frauen des Teilkollektivs) unterstützen diese Ergebnisse, wobei sich der Grenzwert bei einem leicht höheren Aktivitätsniveau vermuten lässt. Der Vergleich zwischen Gesamt- und Teilkollektiv deutet darauf hin, dass ungefähr ein PAI von 1,80 erforderlich ist, um eine Auswirkung der Aktivität auf die Veränderung der absoluten FFM im Verlauf des Alterns zu haben.

In Bezug auf die Art der Aktivität gibt es Hinweise, dass bestimmte insbesondere den Muskelaufbau fördernde Aktivitäten wie Krafttraining („resistance training“) eine besondere Rolle spielen. Verschiedene Interventionsstudien, die den Einfluss von Krafttraining auf die absolute FFM untersucht haben (Campbell et al. 1994, Treuth et al. 1994, Joseph et al. 1999, Hunter et al. 2002, Campbell et al. 2009), konnten einen positiven Einfluss auf die Erhaltung der absoluten FFM zeigen. In der Studie von Pollock et al. 1997 konnte ebenfalls festgestellt werden, dass die Gruppe der Sportler, die Kraftsport betrieben haben, eine deutlich geringere Abnahme der FFM aufzeigten als die Sportler, die kein Krafttraining durchgeführt haben. Für die GISELA-Studie kann diesbezüglich keine Aussage getroffen werden, da Krafttraining sowohl im Teilkollektiv als auch im Gesamtkollektiv eine vernachlässigbare Rolle spielt.



### ***GKW***

Aus der Literatur konnten keine Vergleichsstudien (Langzeitstudien) bezüglich des Einflusses der Aktivität auf die Veränderung des absoluten GKW im Verlauf des Alterns herangezogen werden. Die Analysen der vorliegenden Untersuchung konnten für die Frauen des Teilkollektivs eine Verringerung der Abnahme des absoluten GKW durch körperliche Aktivität aufzeigen. Da die FFM zu 72,3 % aus Wasser besteht (Going et al. 1995), lässt sich das Ergebnis vermutlich auf die analoge Veränderung der FFM zurückführen. Damit zeigt das GKW die erwartungsgemäße Abnahme und unterstützt auf diese Weise ebenfalls das Ergebnis der absoluten FFM für das Teilkollektiv der GISELA-Studie. Diesen Zusammenhang konnten Campbell et al. 1994 ebenfalls in einer 12 wöchigen Interventionsstudie feststellen. Dabei beobachteten die Autoren, dass Krafttraining bei 12 Männern und Frauen im Alter von 56-80 Jahren eine Zunahme der absoluten FFM sowie des absoluten GKW bewirkte.

### ***Fettmasse***

In den Untersuchungen der GISELA-Studie konnte für keines der Kollektive einen Einfluss der Aktivität auf die Veränderung der Fettmasse mit zunehmendem Alter (absolute und prozentuale Veränderung) beobachtet werden. In den Vergleichsstudien der Literatur finden sich nur wenige Untersuchungen zur Fettmasse. Analog zur FFM können die Studien in zwei Analyseverfahren aufgeteilt werden. Hughes et al. 2002 und Raguso et al. 2006 haben ihre Untersuchungen wie in der GISELA-Studie mittels einer Regressionsanalyse durchgeführt. Raguso et al. 2006 konnten dabei keinen Einfluss der Aktivität auf die Veränderung der Fettmasse herausstellen. Lediglich Hughes et al. 2002 konnten für ihre weiblichen Probanden einen Einfluss der Aktivität auf die Veränderung der Fettmasse ermitteln. Hughes et al. 2002 berichten von einem hohen Aktivitätsniveau ihrer Probanden, wodurch sich die Entwicklung möglicherweise begründen lässt. Es werden jedoch keine weiteren Informationen über die Sportarten und Freizeitaktivitäten zur Verfügung gestellt, so dass sich keine konkreten Rückschlüsse ziehen lassen. Darüber hinaus könnte ein weiterer Erklärungsansatz darin liegen, dass Hughes et al. 2002 ihre Probanden als inaktiv definieren, wenn sie weniger als 500 kcal / Woche durch körperliche Aktivität verbrauchten. Auf diese Weise beschreiben Hughes et al. 2002 einen wesentlich größeren Unterschied im Aktivitätsniveau zwischen den aktiven und inaktiven Probanden, als es bei Raguso et al. 2006 oder im GISELA-Kollektiv der Fall ist. Kyle et al. 2006b und Pařízková

und Eiselt 1971 verglichen die Veränderung der Fettmasse im Verlauf des Alterns zwischen aktiven und inaktiven Senioren. Dabei konnten Pařízková und Eiselt 1971 keine Veränderung der Fettmasse weder in der aktiven noch in der inaktiven Gruppe feststellen, wogegen Kyle et al. 2006b eine stärkere Zunahme der Fettmasse für die inaktiven Männer im Vergleich zu den aktiven Männern beobachten konnte. Für die weiblichen Probanden von Kyle et al. 2006b konnte hingegen eine stärkere Zunahme der Fettmasse in der aktiven Gruppe gegenüber der inaktiven Gruppe aufgezeigt werden. Hier zeigt sich ein sehr unterschiedliches Bild. Ein möglicher Erklärungsansatz für die gegenläufigen Ergebnisse in der Untersuchung von Kyle et al. 2006b könnte in der deutlichen Zunahme des Körpergewichts in der Gruppe der aktiven Frauen liegen, welche das gegebene Aktivitätsniveau überlagert bzw. kompensiert. Forbes 1992 & 1999 hat die Veränderung im Körpergewicht als einer der bedeutendsten Einflussfaktoren für die Entwicklung der Körperzusammensetzung herausgestellt.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse aus dem Gesamtkollektiv der GISELA-Studie und die Mehrheit der Vergleichsstudien (Pařízková und Eiselt 1971, Hughes et al. 2002, Kyle et al. 2006b, Raguso et al. 2006) aus der Literatur, dass Freizeitaktivität (Gartenarbeit, Hausarbeit, Spaziergehen, usw.) keinen Einfluss auf die altersbedingte Abnahme der FFM und der Zunahme der Fettmasse zu haben scheint. Gleiches gilt für leichte sportliche Aktivitäten.

Für die Frauen des Teilkollektivs der vorliegenden Untersuchung konnte hingegen aufgezeigt werden, dass Freizeitaktivitäten unter bestimmten Voraussetzungen einen positiven Einfluss auf die Verringerung der absoluten FFM haben können. Zum einen zeichnet sich das Teilkollektiv durch eine kontinuierliche Teilnahme der Probanden an der GISELA-Studie aus. Daher lässt sich vermuten, dass das Kollektiv besondere Merkmale wie beispielsweise einen besonders gesundheitsbewussten und aktiven Lebensstil und/oder vorteilhafte genetische Voraussetzungen mitbringt. Möglicherweise handelt es sich bei den Beobachtungen zur Körperzusammensetzung um einen Einfluss, der sich aus der Kombination dieser Faktoren in Verknüpfung mit der körperlichen Aktivität ergibt. Zum anderen weist das Teilkollektiv einen PAI von 1,80 (Basiswert; s. Kap. 3.1.2 Tab. 3.12) auf. Damit ist das Teilkollektiv aktiver als das Gesamtkollektiv (PAI: 1,73 (Basiswert); s. Kap. 3.1.1 Tab. 3.6; s. Anhang Tab. A24), was gegebenenfalls die Ursache für den positiven Einfluss der Aktivität auf die absolute FFM sein könnte. Dieses Ergebnis ist

übereinstimmend mit den Beobachtungen, die Hughes et al. 2002 bezüglich der Entwicklung der Fettmasse aufzeigen konnten. Möglicherweise lässt sich hier ein Schwellenwert erkennen, der bei einem PAI von 1,75-1,80 auftritt. Bei diesem Aktivitätsniveau wird die Muskulatur vielleicht in ähnlicher Weise beeinflusst, wie es bei Kraftsport zu beobachten ist (Hunter et al. 2004). Dennoch lässt sich in allen Fällen feststellen, dass sich die Abnahme der FFM und die Zunahme der Fettmasse nicht vollständig aufhalten lassen. In der Studie von Pollock et al. 1997 konnte selbst bei Elitesportlern eine Abnahme der absoluten FFM über einen Beobachtungszeitraum von 20 Jahren festgestellt werden.

Verschiedene Mechanismen werden in der Literatur diskutiert, die möglicherweise eine Erklärung liefern können, warum die Skelettmuskelmasse bzw. die FFM durch körperliches Training erhöht bzw. die Abnahme vermindert werden kann. Die Serumspiegel anaboler Hormone, wie des Testosterons und des Wachstumshormons, können durch körperliche Aktivität erhöht werden, wobei die Zunahme u.a. abhängig davon ist, welche Art und Intensität körperlicher Aktivität durchgeführt wird (Kraemer und Ratamess 2005, Crewther et al. 2006). Diese Hormone spielen während des Trainingsprozesses insofern eine wichtige Rolle, weil sie den Auf- und Abbau von Muskelprotein, der neuen Situation anpassend vermitteln. Der dadurch gesteigerte Muskelproteinumsatz (Synthese > Abbau) kann schließlich zu einem Anstieg der Skelettmuskelmasse führen bzw. eine Abnahme vorbeugen (Kraemer und Ratamess 2005, Crewther et al. 2006).

Wie bereits mehrfach erwähnt, stellt Krafttraining möglicherweise die effektivste Methode dar, um der altersbezogenen Entwicklung der Körperzusammensetzung entgegenzuwirken (Campbell et al. 1994, Treuth et al. 1994, Joseph et al. 1999, Hagerman et al. 2000, Hunter et al. 2002, Campbell et al. 2009). Muskelmasse und Muskelkraft können durch regelmäßiges Krafttraining erhalten bzw. gesteigert werden, indem Satellitenzellen in einem Prozess, der bisher noch nicht genau geklärt ist, die Hypertrophie von Myofibrillen unterstützen (Hikida et al. 2000, Deschenes und Kraemer 2002, Hunter et al. 2004). Vermutlich werden die mitotisch inaktiven Satellitenzellen, die sich zwischen dem Sarkolemm der Myofibrillen und der extrazellulären Matrix befinden, durch in der Nähe befindlichem Insulin-like growth factor-I zur Mitose angeregt. Die dabei entstehenden Zellen verschmelzen mit einer Myofibrille, es kommt dadurch zur Synthese kontraktile Proteine und damit zur Hypertrophie der Myofibrille (Hikida et al. 2000, Deschenes und

Kraemer 2002). Diese Hypertrophie im alternden Muskel ist voraussichtlich durch den altersabhängigen Verlust der motorischen Einheit limitiert (Hunter et al. 2004).

Der Einfluss der anabolen Hormone wird ebenfalls im Zusammenhang mit Kraftsport als mögliche Erklärung für die Erhaltung bzw. Steigerung der FFM herangezogen. Dennoch ist die Studienlage bei Senioren in Bezug auf die Veränderung von Testosteron, Wachstumshormon und Krafttraining nicht eindeutig. So konnten Treuth et al. 1994 und Häkkinen et al. 2000 keine signifikanten Konzentrationsanstiege von Testosteron und Wachstumshormon im Serum bei Senioren aufweisen, trotz einer Erhöhung der absoluten FFM und einer Reduktion der Fettmasse bzw. einer Zunahme der Muskelkraft durch Krafttraining.

## 5 Schlussbetrachtung

Die GISELA-Studie ist eine prospektive Langzeitstudie, die in regelmäßigen Abständen Daten zum Ernährungs- und Gesundheitsstatus ermittelt. In der vorliegenden Arbeit wurden die Langzeitdaten des Erhebungszeitraums 1994 bis 2004 in Bezug auf Veränderungen der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns untersucht sowie der Einfluss der Aktivität auf die altersbedingten Veränderungen dieser Parameter. Dabei wurden in dem zehn Jahre Follow-up-Zeitraum nicht nur Anfangs- und Endwerte sondern auch alle weiteren Messpunkte der Senioren herangezogen, um den Verlauf möglichst vollständig aufzuzeigen. Durch den Einsatz eines linearen Regressionsmodells mit Messwiederholung (PROC MIXED) konnten auch die Probanden in die Analysen einbezogen werden, die nicht kontinuierlich an den Messungen teilgenommen hatten. Auf diese Weise war es möglich, ein relativ großes Gesamtkollektiv von 418 Teilnehmern zu betrachten.

Grundsätzlich muss bei der Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit berücksichtigt werden, dass die untersuchten GISELA-Senioren nicht repräsentativ für deutsche Senioren sind. Das GISELA-Kollektiv zeigt im Vergleich zum Bundesdurchschnitt einen überdurchschnittlich hohen Frauenanteil; weiterhin haben die Probanden ein höheres Bildungs- und Aktivitätsniveau.

In der vorliegenden Arbeit kann ein Zusammenhang mit dem Alter bezüglich der Veränderung der Körpergröße, des Körpergewichts und des BMI aufgezeigt werden. Während sich die Abnahme der Körpergröße mit ansteigendem Alter beschleunigt, beschreibt der Verlauf der Körpergewichts und des BMI eine Kurve, die zunächst eine Zunahme im jüngeren Seniorenalter aufzeigt und vermutlich zwischen dem 65. und 70. Lebensjahr in ein Plateau oder eine Abnahme übergeht. Der Zeitpunkt, an dem die Körpergewichtsabnahme eintritt, steht vermutlich viel mehr im Zusammenhang mit dem Gesundheitsstatus und weniger mit dem Altern per se. Daher kann ein konstantes oder leicht ansteigendes Körpergewicht, wie es bei den GISELA-Teilnehmern in der Probandengruppe bis 70 Jahren beobachtet wurde, möglicherweise einen guten

Gesundheitszustand widerspiegeln. Eine fundierte Aussage über die Auswirkung des gesundheitlichen Status der Probanden lässt sich jedoch aus den Ergebnissen dieser Arbeit nicht ableiten. Daher wäre es interessant, dieses Themengebiet tiefergehend zu untersuchen, um mögliche Einflüsse auf die altersbedingten Entwicklungen genauer spezifizieren zu können.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen eine Veränderung der Körperumfänge im Verlauf des Alterns auf. Dabei kann eine Umverteilung der Fettmasse von peripheren nach abdominalen Körperbereichen beobachtet werden. Dafür sprechen besonders die Zunahme des Taillenumfangs in fast allen Kollektiven sowie die Abnahme des Oberarmumfangs bei den GISELA-Senioren. Sowohl in der GISELA-Studie als auch in der Literatur kann keine eindeutige Entwicklung des Hüftumfangs beobachtet werden, was zum Teil an der geringen Studienlage liegt und möglicherweise auch an den unterschiedlichen Messmethoden des Hüftumfangs. Im Vergleich der Geschlechter und Altersgruppen zeigt sich vor allem aus der Entwicklung des Taillenumfangs die Tendenz, dass das Ausmaß der Umverteilung bei jüngeren Senioren ausgeprägter voranschreitet als bei den älteren Senioren; sowie bei Frauen stärker als bei Männern. Die zunehmende Umverteilung zu Gunsten der abdominalen Fettmasse ist besonders im Hinblick auf Krankheitsrisiken von Interesse, weil damit eine erhöhte Inzidenz für Diabetes mellitus, Hypertonie, Fettstoffwechselstörungen und kardiovaskuläre Krankheiten verbunden wird (Ohlson et al. 1985, Gillum et al. 1998, Tiikkainen et al. 2002, Nguyen-Duy et al. 2003).

Die FFM, die Fettmasse und das GKW unterliegen ebenfalls den Einflüssen des Alterns. Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie und der Literatur lassen den Rückschluss zu, dass bereits bei jüngeren Senioren eine Abnahme der absoluten FFM vorhanden ist. Die Entwicklung findet jedoch in dieser Lebensphase noch auf einem niedrigen Niveau statt. Gegenläufige Effekte, wie die Zunahme des Körpergewichts, sind vermutlich der Grund dafür, dass die altersbedingte Abnahme der FFM in einigen Studien nicht nachgewiesen werden kann. Anhand der Literaturlage und den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung lässt sich für ältere Senioren eine stärkere Abnahme der absoluten FFM als bei jüngeren Senioren erkennen. Diese Entwicklungen lassen den Rückschluss zu, dass sich die mit dem Alter einsetzende FFM-Abnahme anfänglich auf einem niedrigen Niveau bewegt und mit zunehmendem Alter ansteigt. In Bezug auf den Unterschied zwischen den

Geschlechtern zeigt die Studienlage eine stärkere Abnahme der FFM bei den Männern auf. Diese Beobachtung konnte in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht bestätigt werden.

Für die Fettmasse konnte analog zum Körpergewicht bei den jüngeren Senioren eine Zunahme aufgezeigt werden, welche vermutlich ab einem Alter von 70-75 Jahren in ein Plateau (konstante Fettmasse) abflacht und im hohen Alter gegebenenfalls in eine Abnahme übergehen kann. Dabei zeigt sich, dass Frauen anfänglich eine stärkere Zunahme der Fettmasse aufzeigen als Männer, die sich jedoch mit zunehmendem Altern aneinander angleicht. Aus den Veränderungen der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse ergibt sich eine Verschiebung der prozentualen Anteile am Körpergewicht in Richtung der Fettmasse. Das heißt, die prozentuale Fettmasse steigt an, während die prozentuale FFM abnimmt. Die Abnahme der absoluten FFM ist vor allem geprägt durch die Abnahme der Skelettmuskelmasse (Sarkopenie) und die damit verbundene Abnahme der Muskelkraft (Baumgartner et al. 1998, Frontera et al. 2000, Newman et al. 2003a, Goodpaster et al. 2006).

Die Veränderung des GKW ist ebenfalls durch das Altern geprägt. Hier besteht jedoch ein großer Zusammenhang zur Veränderung der absoluten FFM, da diese zu 72,3 % aus Wasser besteht (Going et al. 1995). In der vorliegenden Arbeit konnte für die älteren Senioren eine klare Abnahme aufgezeigt werden. Bei den jüngeren Senioren hingegen waren die Ergebnisse nicht eindeutig und in einem so geringen Ausmaß, dass sich nur bedingt Rückschlüsse ziehen lassen konnten. Darüber hinaus gibt es nur sehr wenige Langzeitstudien, die sich mit der Veränderung des GKW bei jüngeren Senioren (zwischen 60 und 70 Jahren) beschäftigen. Weitere Auswertungen der GISELA-Studie in diesem Bereich, gegebenenfalls in Kombination mit der Bestimmung des intrazellulären und extrazellulären Wassers, können möglicherweise gezieltere Aussagen zulassen.

Die Analyse der Aktivität als Einflussfaktor auf die Veränderung der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung im Verlauf des Alterns hat in der GISELA-Studie nur in einigen Bereichen einen direkten Einfluss erkennen lassen. So konnte für die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs sowie in der Mehrheit der Vergleichsstudien ein klarer Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und der Entwicklung des Taillenumfangs aufgezeigt werden. Die mit dem Alterungsprozess verbundene Zunahme des Taillenumfangs kann durch körperliche Aktivität reduziert werden. Da mit der

Ansammlung des viszeralen Körperfetts negative gesundheitliche Einflüsse verbunden werden können, kann die körperliche Aktivität zum Erhalt des Gesundheitsstatus und der Lebensqualität im Alter beitragen.

In Bezug auf die Körperzusammensetzung ist wahrscheinlich der Einfluss der körperlichen Aktivität abhängig von der Art und Intensität der Aktivität. Krafttraining hat offensichtlich einen positiven Einfluss auf den Erhalt bzw. die Steigerung der FFM (Skelettmuskelmasse) (Treuth et al. 1994, Hunter et al. 2002, Campell et al. 2009), da es einen aktiven Stimulus auf die Muskulatur ausübt. Während eine weniger intensive Freizeitaktivität diesen Stimulus scheinbar nicht erzeugen kann, lässt sich vermuten, dass bei gesteigerter Intensität der Freizeitaktivität ein ähnlicher Effekt auftritt. Für die GISELA-Frauen des Teilkollektivs konnte eine Verringerung der Abnahme der absoluten FFM sowie des absoluten GKW durch körperliche Aktivität beobachtet werden. Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich ein Schwellenwert der Aktivitätsintensität bei einem PAI von 1,80 vermuten. Neben dem höheren Aktivitätsniveau zeichnet sich das Teilkollektiv durch eine kontinuierliche Teilnahme der Probanden an der GISELA-Studie aus. Daher lässt sich vermuten, dass dieses Kollektiv besondere Merkmale wie beispielsweise einen besonders gesundheitsbewussten und aktiven Lebensstil und/oder vorteilhafte genetische Voraussetzungen mitbringt. Möglicherweise handelt es sich bei den Beobachtungen zur Körperzusammensetzung um einen Einfluss, der sich aus der Kombination dieser Faktoren in Verknüpfung mit der körperlichen Aktivität ergibt.

Dennoch lässt sich grundsätzlich feststellen, dass sich die Abnahme der absoluten FFM verzögern aber nicht aufhalten lässt. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit lässt sich schließen, dass eine Kombination aus einer moderaten Körpergewichtszunahme und einem angemessenen Maß an körperlicher Aktivität die Abnahme der FFM am effektivsten einschränken kann. Allerdings ist eine Körpergewichtszunahme ebenso mit negativen Auswirkungen verbunden, wie z.B. kardiovaskulären Erkrankungen (Rimm et al. 1995, Oppert et al. 2002) und kann daher nicht uneingeschränkt empfohlen werden. Weiterführende Studien können dazu beitragen, den Nutzen und die Risiken einer moderaten Körpergewichtszunahme im Alter sorgfältig gegeneinander abzuwägen und eine Handlungsempfehlung zu erarbeiten.



Bezüglich des Einflusses der Aktivität auf die Veränderung der Körperzusammensetzung liegen jedoch nur wenige Informationen durch Langzeituntersuchungen vor. Neben der GISELA-Studie können weitere Studien einen Beitrag dazu leisten, die Auswirkungen der vielfältigen Faktoren, die in Kombination oder im Zusammenhang mit der Aktivität auftreten, besser zu verstehen. Darüber hinaus ist die Vergleichbarkeit zwischen bestehenden Studien nur bedingt gegeben, da sehr unterschiedliche Erfassungsmethoden sowie Messgrößen angewendet werden. Hier könnte eine Standardisierung und Festlegung einheitlicher Kriterien und Methoden einen Beitrag zur besseren Vergleichbarkeit leisten.

Neben der körperlichen Aktivität können altersabhängige Veränderungen der untersuchten Parameter durch viele weitere Faktoren beeinflusst werden, wie z.B. durch Ernährung, Krankheiten und/oder individuelle Besonderheiten. Diese Einflussfaktoren können bei zukünftigen Langzeitauswertungen der GISELA-Studie weiterführend analysiert werden und wertvolle Informationen zu ihrer Bedeutung und Auswirkung auf den Alterungsprozess liefern.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der GISELA-Studie durchgeführt. In dieser prospektiven Langzeitstudie werden seit 1994 in jährlichen bzw. seit 1998 in zweijährlichen Abständen Daten zum Ernährungs- und Gesundheitsstatus von Gießener Senioren ( $\geq 60$  Jahre) erhoben. Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, ob und in welcher Größenordnung die Veränderungen der Parameter der Anthropometrie (Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Taillen-, Hüft-, Oberarmumfang und WHR) und der Körperzusammensetzung (FFM, Fettmasse, GKW) im Laufe einer Dekade in Zusammenhang mit dem Altern stehen. Des Weiteren wird der Einfluss der körperlichen Aktivität auf die altersbedingten Veränderungen der genannten Parameter analysiert. Für die Untersuchung wurden die Daten aus dem Erhebungszeitraum 1994 bis 2004 herangezogen und zwei Kollektive, das Gesamtkollektiv und das Teilkollektiv, welches eine Auswahl des Gesamtkollektivs darstellt, ausgewählt. Weiterhin wurden die Kollektive in zwei Altersgruppen eingeteilt: die jüngeren Senioren (60-69 Jahre) und die älteren Senioren ( $> 69$  Jahre).

Das Gesamtkollektiv setzt sich aus 287 Frauen und 131 Männern zusammen, die mindestens an zwei Untersuchungen zwischen 1994 und 2004 teilgenommen haben. Im Durchschnitt lagen 5,2 Besuche pro Proband vor (Frauen: 5,1 Besuche; Männer: 5,3 Besuche). Im Mittel betrug die Teilnahmedauer der Frauen 6,4 Jahre und die der Männer 6,6 Jahre. Das Teilkollektiv besteht aus 35 Frauen und 20 Männer, die kontinuierlich in den Erhebungsjahren 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 und 2004 an der Studie teilnahmen.

Die Datenanalyse erfolgte anhand eines linearen Regressionsmodells mit Messwiederholung (PROC MIXED), welches ermöglicht, die Langzeitdaten des Gesamtkollektivs zu analysieren, obwohl ein Teil der Probanden nicht kontinuierlich während der untersuchten Dekade teilgenommen hat. Das Teilkollektiv wurde ebenfalls mittels PROC MIXED analysiert. Die Ergebnisse des Gesamtkollektivs wurden getrennt nach Geschlecht analysiert, aufgrund der geringen Anzahl an älteren Männern (ein Proband) im Teilkollektiv wurden nur die jüngeren und älteren Frauen sowie die jüngeren Männer

untersucht. Inwieweit die Veränderungen der einzelnen Parameter vom Altersabschnitt abhängig sind, wurde berücksichtigt, indem die Altersgruppen als Variable in die statistische Auswertung mit einbezogen wurden.

Im Gesamtkollektiv waren zum Zeitpunkt der Basiserhebung die jüngeren Frauen im Mittel 64,1 Jahre und die jüngeren Männer 64,5 Jahre alt. Die älteren Frauen hatten ein durchschnittliches Alter von 74,2 Jahren und die älteren Männer von 74,4 Jahren. Die jüngeren Frauen wiesen im Vergleich zu den älteren Frauen signifikant höhere Messwerte bezüglich Körpergröße, Körpergewicht, BMI, Oberarm-, Hüftumfang, absoluter FFM, absoluter und prozentualer Fettmasse sowie absolutem GKW bei der Basiserhebung auf. Hingegen konnten für die prozentuale FFM und das prozentuale GKW signifikant höhere Werte für die älteren Frauen beobachtet werden. Zwischen den Altersgruppen der Männer des Gesamtkollektivs konnte für keinen der Parameter der Anthropometrie sowie der Körperzusammensetzung ein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden. Des Weiteren unterschied sich der PAI nicht signifikant zwischen den weiblichen als auch den männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs zum Zeitpunkt der ersten Teilnahme. Das durchschnittliche Alter im Teilkollektiv betrug für die jüngeren Frauen 63,9 Jahre, für die älteren Frauen 74,1 Jahre und für die jüngeren Männer 64,2 Jahre zum Zeitpunkt der Basiserhebung. Für die Parameter der Anthropometrie und Körperzusammensetzung sowie für den PAI konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den 60-69jährigen und den über 69jährigen Frauen des Teilkollektivs aufgezeigt werden.

Mit Hilfe der PROC MIXED-Analyse der Langzeitdaten konnte die Größenordnung der Veränderungen bestimmt werden, die auf den Alterungsprozess zurückzuführen sind. Die jüngeren Frauen verringerten ihre Körpergröße signifikant um 0,09 cm / Jahr, während die älteren Frauen des Gesamtkollektivs signifikant um 0,24 cm / Jahr kleiner wurden. Für die jüngeren und älteren Frauen des Teilkollektivs betrug die jährliche signifikante Abnahme der Körpergröße 0,17 cm. Sowohl die jüngeren als auch die älteren Männer des Gesamtkollektivs verringerten ihre Körpergröße signifikant um 0,14 cm / Jahr, die jüngeren Männer des Teilkollektivs um 0,10 cm / Jahr.

Bezüglich des Körpergewichts konnte für die jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs eine signifikante Zunahme von 0,15 kg / Jahr beobachtet werden, wohingegen die älteren Frauen 0,18 kg / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,35 kg / Jahr (Teilkollektiv)

tiv) signifikant abnahmen. Die jüngeren Männer des Gesamtkollektivs nahmen jährlich signifikant um 0,07 kg zu. Für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnte keine signifikante Veränderung beobachtet werden, jedoch eine tendenzielle Zunahme von 0,19 kg / Jahr. Für die Männer über 69 Jahre (Gesamtkollektiv) konnte ebenso keine signifikante Veränderung bezüglich des Körpergewichts aufgezeigt werden; es konnte jedoch eine tendenzielle Abnahme von 0,25 kg / Jahr beobachtet werden.

Der BMI der jüngeren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs stieg pro Jahr signifikant um  $0,08 \text{ kg/m}^2$ , während für die älteren Frauen und für beide männlichen Altersgruppen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden konnte. Die jüngeren Männer des Teilkollektivs zeigten eine signifikante Zunahme des BMI von  $0,09 \text{ kg/m}^2$  / Jahr.

In der vorliegenden Arbeit konnte ein Zusammenhang zwischen dem Alter und der Veränderung der Körpergröße, des Körpergewichts und des BMI beobachtet werden. Die Körpergröße nimmt kontinuierlich ab und beschleunigt sich mit zunehmendem Alter. Das Körpergewicht und der BMI steigen hingegen zunächst an und verbleiben im höheren Alter auf konstantem Niveau oder fallen sogar wieder ab.

Von den Veränderungen im Verlauf des Alterns sind ebenso die Körperumfänge betroffen. Der Hüftumfang der jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs nahm signifikant um 0,30 cm / Jahr zu, der der jüngeren Männer des Teilkollektivs um 0,61 cm / Jahr. Für die jüngeren Frauen des Teilkollektivs zeigte sich eine tendenzielle Zunahme von 0,34 cm / Jahr. Für die älteren Frauen des Gesamt- und des Teilkollektivs sowie für beide männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs konnte keine signifikante Veränderung des Hüftumfangs aufgezeigt werden.

Der Taillenumfang erhöhte sich für die jüngeren Männer des Teilkollektivs signifikant um 0,51 cm / Jahr, für die anderen Gruppen konnten lediglich tendenzielle Beobachtungen gemacht werden. Für die jüngeren Frauen konnte eine Zunahme von 0,41 cm / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,45 cm / Jahr (Teilkollektiv), für die jüngeren Männer (Gesamtkollektiv) von 0,36 cm / Jahr festgestellt werden. Für die älteren Frauen des Gesamtkollektivs zeigte sich eine Zunahme von 0,18 cm / Jahr.

Für beide weiblichen Altersgruppen des Gesamt- als auch des Teilkollektivs konnte eine signifikante Abnahme des Oberarmumfangs von 0,08 cm / Jahr bzw. 0,18 cm / Jahr im Verlauf des Alterns beobachtet werden. Die männlichen Altersgruppen des Gesamt-

kollektivs zeigten ebenfalls eine signifikante Reduktion von 0,12 cm / Jahr auf. Für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnte keine Veränderung beobachtet werden.

Keine altersabhängigen Veränderungen konnten ebenso für die Frauen sowie für die Männer des Gesamt- und des Teilkollektivs bezüglich des WHR festgestellt werden.

Die Veränderungen der Körperumfänge im Verlauf des Alterns lassen eine Umverteilung der Fettmasse von peripheren zu abdominalen Körperbereichen erkennen. Dafür sprechen besonders die Zunahme des Taillenumfangs in fast allen Kollektiven sowie die Abnahme des Oberarmumfangs bei den GISELA-Senioren.

Des Weiteren wurde in dieser Arbeit untersucht, inwieweit Daten der Körperzusammensetzung der GISELA-Teilnehmer, die mittels BIA ermittelt wurden, sich in Abhängigkeit vom Alter verändert haben. Während bei den jüngeren Frauen des Gesamtkollektivs die absolute FFM signifikant um 0,03 kg / Jahr abnimmt, erhöht sich die absolute Fettmasse signifikant um 0,16 kg / Jahr. Für die älteren Frauen verringert sich die absolute FFM signifikant um 0,12 kg / Jahr, während für die absolute Fettmasse keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden konnte. Für die jüngeren Frauen reduziert sich die prozentuale FFM um 0,12 % / Jahr, während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung beobachtet werden konnte. Für beide männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs konnte weder für die absolute und prozentuale FFM noch für die absolute und prozentuale Fettmasse eine signifikante Veränderung festgestellt werden. Die absolute FFM veränderte sich im Teilkollektiv weder für die jüngeren noch für die älteren Frauen signifikant im Verlauf des Alterns. Es zeigte sich jedoch eine tendenzielle Entwicklung, die bei den jüngeren Frauen auf eine Zunahme von 0,02 kg / Jahr und bei den älteren Frauen auf eine Abnahme von 0,17 kg / Jahr schließen lässt. Die absolute Fettmasse erhöhte sich dagegen in der jüngeren Gruppe signifikant um 0,17 kg / Jahr, während bei den älteren Frauen keine signifikante Veränderung aufgezeigt werden konnte. Bezüglich der prozentualen FFM konnte für die jüngeren Frauen eine tendenzielle Abnahme von 0,15 % / Jahr beobachtet werden, während für die älteren Frauen des Teilkollektivs keine Veränderung aufgezeigt werden konnte. Für die jüngeren Männer des Teilkollektivs konnte bezüglich der Körperzusammensetzung lediglich eine tendenzielle Zunahme der absoluten Fettmasse in Höhe von 0,16 kg / Jahr festgestellt werden.

Im Verlauf des Alterns kann im Gesamt- und im Teilkollektiv für die jüngere Altersgruppe der Frauen eine Zunahme für das absolute GKW von 0,02 L / Jahr beobachtet werden, wobei die Zunahme im Teilkollektiv lediglich als Tendenz aufgezeigt werden konnte. Für das prozentuale GKW zeigte sich für die jüngeren Frauen ein signifikanter Rückgang von 0,04 % / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,06 % / Jahr (Teilkollektiv). Bei den älteren Frauen des Gesamtkollektivs konnte eine tendenzielle Abnahme von 0,04 L / Jahr beobachtet werden. Für das prozentuale GKW wurde für die älteren Frauen ein signifikanter Anstieg von 0,09 % / Jahr (Gesamtkollektiv) bzw. 0,19 % / Jahr (Teilkollektiv) festgestellt. Sowohl für das absolute als auch für das prozentuale GKW konnten keinerlei Veränderungen in den beiden männlichen Altersgruppen des Gesamtkollektivs sowie für die jüngeren Männer des Teilkollektivs aufgezeigt werden.

Sowohl für die FFM, die Fettmasse, als auch für das GKW konnten Veränderungen im Verlauf des Alterns aufgezeigt werden. Die Ergebnisse aus der GISELA-Studie lassen den Rückschluss zu, dass bereits bei jüngeren Senioren eine Abnahme der absoluten FFM vorhanden ist, die mit zunehmendem Alter ansteigt. Die absolute Fettmasse steigt zunächst an und flacht bei den älteren Senioren in ein Plateau ab, während für das GKW zunächst ein konstantes Niveau und erst im höheren Alter eine Abnahme beobachtet werden kann.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde untersucht, inwieweit die körperliche Aktivität einen Einfluss auf die Veränderungen der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung mit zunehmendem Alter hat. Im Gesamtkollektiv konnte lediglich für den Taillenumfang der jüngeren Männer ein signifikanter Einfluss des PAI beobachtet werden. Der Taillenumfang stieg mit zunehmendem Alter in der jüngeren Gruppe der Männer um 1,19 cm / Jahr an. Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) reduzierte sich die Zunahme des Taillenumfangs um 0,49 cm / Jahr.

Für die Frauen des Teilkollektivs konnte ein signifikanter Einfluss des PAI auf die Veränderung der absoluten FFM und des absoluten GKW mit zunehmendem Alter aufgezeigt werden. Für die absolute FFM kann eine signifikante Abnahme von 0,72 kg / Jahr sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Frauen des Teilkollektivs beobachtet werden. Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) verringert sich die Abnahme der absoluten FFM im Verlauf des Alterns um 0,33 kg / Jahr.

Für das absolute GKW ergibt sich mit fortschreitendem Lebensalter eine signifikante Abnahme von 0,42 L / Jahr sowohl für die jüngeren als auch für die älteren Frauen des Teilkollektivs. Pro Indexpunkt (mit zunehmender Aktivität) reduziert sich die Abnahme des absoluten GKW mit steigendem Alter jährlich um 0,20 L.

Die Analyse der Aktivität als Einflussfaktor hat in der GISELA-Studie für den Taillenumfang (der jüngeren Männer des Gesamtkollektivs) einen direkten Einfluss erkennen lassen, dessen altersbedingte Zunahme sich durch körperliche Aktivität reduzieren lässt. In Bezug auf die Körperzusammensetzung ist wahrscheinlich der Einfluss der körperlichen Aktivität abhängig von der Art und Intensität der Aktivität.

## 7 Summary

The present investigation is part of a longitudinal study on nutrition and health status of an ageing population in Giessen, Germany (GISELA). This study is a prospective cohort study in which the nutritional and health status of elderly people ( $\geq 60$  years) has been assessed in annual intervals since 1994 and biannual intervals since 1998. The aim of this investigation was to examine age-dependency and magnitude of long-term changes in anthropometric measurements (i.e. body height, body weight, body mass index (BMI), hip circumference, waist circumference, arm circumference, waist-to-hip ratio (WHR)) and body composition (i.e. fat-free mass (FFM), fat mass, total body water) over a period of one decade. Furthermore, the influence of physical activity on age-dependent changes in body composition and anthropometric measurements were analyzed. The analysis was based on data from 1994 to 2004 and two study populations were considered: (a) the total cohort and (b) a sub-group of the total cohort. The total cohort consists of 287 women and 131 men, who participated at least two times in the study between 1994 and 2004. The mean participation rate of the total cohort was 5.2 visits (women: 5.1 visits; men: 5.3 visits) with a mean follow-up of 6.6 years. The sub-group consists of 35 women and 20 men, who continuously participated in all investigations in the years 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, and 2004. Each study population was split into two age groups: subjects aged 60-69 years and subjects aged  $> 69$  years.

Linear regression models with repeated measurements (PROC MIXED) were used to investigate longitudinal data of the total cohort and the sub-group. The analyses were conducted independently for each group and within the groups split by gender and age. Only the older male population of the sub-group was not taken into consideration due to the small number of participants.

### ***Baseline Data***

At baseline (visit 1), the mean age of the younger female and male participants of the total cohort was 64.1 years and 64.5 years, respectively. The mean age of the older women was



74.2 years and the older men were 74.4 years old. Baseline values of body height, body weight, BMI, WHR, absolute FFM, absolute and percentage fat mass and absolute total body water were significantly higher in the younger than the older female subjects of the total cohort. Percentage FFM and percentage total body water were significantly higher in the group of elderly females. No statistically significant differences were found for anthropometric and body composition data between male age groups. Further, no statistically significant differences in the female and male age groups of the total cohort were found between different physical activity levels (PAL).

In the sub-group the mean age at baseline was 63.9 years for the group of younger females, 74.1 years for the group of older females, and 64.2 years for the group of younger males. In the female age-groups, no significant differences between anthropometric parameters, body composition, and PAL were observed. Differences in the male groups were not determined due to missing data for the elderly group of male participants.

### ***Longitudinal Analyses***

In both groups of younger and older females of the total cohort a decrease in body height was found with aging by 0.09 cm per year and 0.24 cm per year, respectively. Within the sub-groups, body height of the female participants decreased 0.17 cm per year and within the younger male group 0.10 cm per year. In accordance to that, both younger and older male subjects of the total cohort lost 0.14 cm of body height per year.

Body weight increased significantly in the group of younger females of both cohorts by 0.15 kg per year, whereas body weight decreased with advancing age within the group of older females in the total cohort and the sub-group by 0.18 kg per year and 0.35 kg per year, respectively. In the total cohort, younger males increased their body weight significantly by 0.07 kg per year and the older male participants showed a non-significant decline (trend,  $p = 0.0834$ ) of 0.25 kg per year. In the sub-group, younger males showed a non-significant increase (trend,  $p = 0.0647$ ) of 0.19 kg per year.

BMI increased significantly by 0.08 kg/m<sup>2</sup> in the group of younger females of both cohorts, whereas no significant changes in BMI were observed in the group of older female

subjects as well as for both male age groups of the total cohort. The younger males of the sub-group showed a significant increase of  $0.09 \text{ kg/m}^2$  per year.

The present investigation showed a correlation between age and changes in body height, body weight and BMI. Body height decreased continuously and accelerated with advancing age. After a first increase, body weight and BMI remained constant or decreased.

Changes with increasing age were also seen for body circumferences. Hip circumferences of the younger females of the total cohort and of the younger male sub-group increased significantly by 0.30 cm and 0.61 cm per year, respectively. The younger female participants in the sub-group showed an increase of 0.34 cm per year in hip circumferences as a statistical trend ( $p = 0.0787$ ). Hip circumferences did not change significantly in the group of older females and both male age groups in the total cohort due to age. As a statistical trend, waist circumferences increased in the group of younger females by 0.41 cm per year (total cohort,  $p = 0.0606$ ) and 0.45 cm per year (sub-group,  $p = 0.0887$ ), respectively. The younger men of the total cohort showed an increase of 0.36 cm per year and the older females of the total cohort of 0.18 cm per year. The younger male sub-group showed a significant increase of 0.51 cm in waist circumferences per year. With increasing age, arm circumferences decreased significantly in both female age groups of the total cohort and the sub-group by 0.08 cm and 0.18 cm per year, respectively. Both age groups of male participants showed reduced arm circumferences by 0.12 cm per year. The younger males of the sub-group showed no significant change in arm circumferences. No age-dependent changes were observed for WHR, neither with respect to gender nor with respect to age.

Overall the age-dependent changes of the circumferences show a redistribution of the fat mass from peripheral to abdominal body areas. Particularly, waist circumferences increased and arm circumferences decreased in most of the groups of male and female GISELA-participants.

The present thesis also examined the correlation of body composition and age. Data of body composition were assessed with bioelectrical impedance analysis (BIA). Absolute FFM decreased by 0.03 kg per year in the group of younger females of the total cohort,

while absolute fat mass increased significantly by 0.16 kg per year. Within the group of older female subjects, absolute FFM decreased by 0.12 kg per year. However, no changes were observed for absolute fat mass. Percentage FFM showed a reduction of 0.12 % per year in the group of younger females, while no significant changes were seen in the group of older females. No changes in absolute and percentage FFM as well as in absolute and percentage fat mass were determined for both male age groups of the total cohort. As a statistical trend ( $p = 0.1001$ ) absolute FFM increased 0.02 kg per year for the younger females and decreased 0.17 kg per year for the older females of the sub-group. Absolute fat mass increased significantly in the group of younger females by 0.17 kg per year, whereas no significant changes in the older female participants were observed. As a statistical trend ( $p = 0.0505$ ) percentage FFM decreased 0.15 % per year in younger females of the sub-group. No change was shown for the older females of the sub-group. The absolute fat mass of the younger males of the sub-group showed a non-significant (trend,  $p = 0.0558$ ) increase by 0.16 kg per year.

With advancing age, younger females of the sub-group and the total cohort increased total body water by 0.02 L per year. The increase in the sub-group was not significant, but a trend. Percentage total body water declined significantly in the younger females by 0.04 % per year (total cohort) and by 0.06 % per year (sub-group), respectively. The older females of the total cohort showed a decline of absolute total body water by 0.04 L per year as a statistical trend ( $p = 0.0877$ ). Percentage total body water increased significantly in the older female participants by 0.09 % (total cohort) and by 0.19 % per year (sub-group), respectively. In all male participants no changes of absolute and percentage total body water were observed.

FFM, fat mass and total body water were influenced by ageing. It can be concluded that in the younger group of elderly people a decrease of absolute FFM is already present and aggravates with increasing age. Absolute fat mass increased and reached a plateau with ageing, whereas total body water was initially of a constant level and then declined in the higher age ranges.

A further question of the present thesis was the impact of PAL with respect to anthropometric and body composition parameters during the process of aging. Waist circumferences were impacted by physical activity in younger male subjects of the total

cohort. Waist circumferences increased in the younger male group by 1.19 cm per year with advancing age. With increasing activity (per index point) the change of the waist circumferences decreased by 0.49 cm per year.

Changes in absolute fat-free mass and absolute total body water were affected by PAL in both female groups of the sub-group with increasing age. Absolute fat-free mass declined significantly by 0.72 kg per year in the younger as well as in the older female participants of the sub-group. With increasing activity (per index point) the change of FFM decreased by 0.33 kg per year. Absolute total body water decreased significantly by 0.42 L per year in the younger as well as in the older female participants of the sub-group. The change of total body water decreased by 0.20 L per year with increasing activity (per index point).

The impact of physical activity on body composition during ageing might be dependent on type and intensity of physical activity. The positive effect of physical activity on fat-free mass and total body water of the sub-group is supposed to be correlated with higher PAL values. A PAL value of 1.80 is speculated to be necessary to show affects on fat-free mass and total body water during the process of aging.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Adolf T  
Public Use File  
Nationale Verzehrsstudie (NVS) und Verbundstudie Ernährungserhebung und  
Risikofaktorenanalytik (VERA),  
Dokumentation 1994
2. Andersen JL, Terzis G, Kryger A  
Increase in the degree of coexpression of myosin heavy chain isoforms in skeletal  
muscle fibers of the very old  
Muscle Nerve 22, 449-454, 1999
3. Aniansson A, Grimby G, Hedberg M  
Compensatory muscle fiber hypertrophy in elderly men  
J Appl Physiol 73 (3), 812-816, 1992
4. Bales CW, Ritchie CS  
Sarcopenia, weight loss, and nutritional frailty in the elderly  
Annu Rev Nutr 22, 309-323, 2002
5. Baumgartner RN  
Body composition in healthy aging  
Ann NY Acad Sci 904, 437-448, 2000
6. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF  
Bioelectrical impedance phase angle and body composition  
Am J Clin Nutr 48, 16-23, 1988
7. Baumgartner RN, Chumlea C, Roche AF  
Bioelectric impedance for body composition  
Exerc Sport Sci Rev 18, 193-224, 1990
8. Baumgartner RN, Stauber PM, McHugh D, Koehler KM, Garry PJ  
Cross-sectional age differences in body composition in persons 60+ years of age  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 50 (6), M307-M316, 1995
9. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR,  
Garry PJ, Lindeman RD  
Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico  
Am J Epidemiol 147, 755-763, 1998
10. Bender R, Ziegler A, Lange S  
Multiple Regression  
Dtsch Med Wochenschr 132, e30-e32, 2007

11. Berentzen T, Petersen L, Schnohr P, Sørensen TIA  
Physical activity in leisure-time is not associated with 10-year changes in waist circumference  
Scand J Med Sci Sports 18, 719-727, 2008
12. Bergmann KE, Mensink GBM  
Körpermaße und Übergewicht  
Gesundheitswesen 61 (Sonderheft), 115-120, 1999
13. Björntorp P  
"Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes  
Arteriosclerosis 10, 493-496, 1990
14. Borkan GA, Hults DE, Gerzof SG, Robbins AH  
Comparison of body composition in middle-aged and elderly males using computed tomography  
Am J Phys Anthropol 66, 289-295, 1985
15. Borkan GA, Norris AH  
Fat redistribution and the changing body dimensions of the adult male  
Hum Biol 49 (3), 495-514, 1977
16. Bouchard C, Bray GA, Hubbard VS  
Basic and clinical aspects of regional fat distribution  
Am J Clin Nutr 52, 946-950, 1990
17. Brodie DA, Eston RG, Coxon AY, Kreitzman SN, Stockdale HR, Howard AN  
Effect of changes of water and electrolytes on the validity of conventional methods of measuring fat free-mass  
Ann Nutr Metab 35, 89-97, 1991
18. Campbell WW, Crim MC, Young VR, Evans WJ  
Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults  
Am J Clin Nutr 60, 167-175, 1994
19. Campbell WW, Crim MC, Young VR, Joseph LJ, Evans WJ  
Effects of resistance training and dietary protein intake on protein metabolism in older adults  
Am J Physiol Endocrinol Metab 268 (31), E1143-E1153, 1995
20. Campbell WW, Haub MD, Wolfe RR, Ferrando AA, Sullivan DH, Apolzan JW, Iglay HB  
Resistance training preserves fat-free mass without impacting changes in protein metabolism after weight loss in older women  
Obesity 17 (7), 1332-1339, 2009

21. Carmelli D, McElroy MR, Rosenman RH  
Longitudinal changes in fat distribution in the Western Collaborative Group  
Study: a 23-year follow-up  
In J Obes 15, 67-74, 1991
22. Cartwright MJ, Tchkonian T, Kirkland JL  
Aging in adipocytes: Potential impact of inherent, depot-specific mechanisms  
Exp Gerontol 42, 463-471, 2007
23. Castaneda C, Charnley JM, Evans WJ, Crim MC  
Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass,  
muscle function, and immune response  
Am J Clin Nutr 62, 30-39, 1995
24. Chandler PJ, Bock RD  
Age changes in adult stature: trend estimation from mixed longitudinal data  
Ann Hum Biol 18 (5), 433-440, 1991
25. Chumlea WM, Baumgartner RN  
Bioelectric impedance methods for the estimation of body composition  
Can J Spt Sci 15, 172-179, 1990
26. Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, Reo NV, Siervogel RM  
Total body water data for white adults 18 to 64 years of age: the Fels  
Longitudinal Study  
Kidney Int 56 (1), 244-252, 1999
27. Clarkston WK, Pantano MM, Morley JE, Horowitz M, Littlefield JM, Burton FR  
Evidence for the anorexia of aging: gastrointestinal transit and hunger in healthy  
elderly vs. young adults  
Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol 272 (41), R243-R248, 1997
28. Crewther B, Keogh J, Cronin J, Cook C  
Possible stimuli for strength and power adaptation  
Sports Med 36 (3) 215-238, 2006
29. Data Input  
Gebrauchsanleitung für den AKERN-RJL BIA 101/S Body Composition Analyser  
Frankfurt / Main o. J.
30. De Castro JM, De Castro ES  
Spontaneous meal patterns of humans: influence of the presence of other people  
Am J Clin Nutr 50, 237-247, 1989
31. De Groot CPGM, Enzi G, Matthys C, Moreiras O, Roszkowski W, Schroll M  
Ten-year changes in anthropometric characteristics of elderly Europeans  
J Nutr Health Aging 6 (1), 4-8, 2002

32. Derby CA, Zilber S, Brambilla D, Morales KH, McKinlay JB  
Body mass index, waist circumference and waist to hip ratio and change in sex steroid hormones: the Massachusetts Male Ageing Study  
*Clin Endocrinol (Oxf)* 65 (1), 125-131, 2006
33. Deschenes MR, Kraemer WJ  
Performance and physiologic adaptations to resistance training  
*Am J Phys Med Rehabil* 81 (Suppl), S3-S16, 2002
34. Després JP, Lemieux I  
Abdominal obesity and metabolic syndrome  
*Nature* 444 (14), 881-887, 2006
35. Després JP, Prud'homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C  
Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men  
*Am J Clin Nutr* 54, 471-477, 1991
36. Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R, Schouten FJM  
Body impedance is largely dependent on the intra- and extra-cellular water distribution  
*Eur J Clin Nutr* 43, 845-853, 1989
37. Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC  
Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study  
*Int J Obes* 15, 17-25, 1991
38. Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I, Van der Kooy K  
Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans  
*Eur J Clin Nutr* 42, 1017-1022, 1988
39. Dey DK, Rothenberg E, Sundh V, Bosaeus I, Steen B  
Height and body weight in elderly adults: a 21-year population study on secular trends and related factors in 70-year-olds  
*J Gerontol* 56A (12), M780-M784, 2001
40. Dey DK, Rothenburg E, Sundh V, Bosaeus I, Steen B  
Height and body weight in the elderly. I. A 25-year longitudinal study of a population aged 70 to 95 years  
*Eur J Clin Nutr* 53, 905-914, 1999
41. Dey KB, Bosaeus I, Lissner L, Steen B  
Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75-year-old men and women: A 5-year prospective follow-up study of the NORA cohort in Göteborg, Sweden  
*Nutrition* 25, 613-619, 2009



42. Ding J, Kritchevsky SB, Newman AB, Taaffe DR, Nicklas BJ, Visser M, Lee JS, Nevitt M, Tylavsky A, Rubin SM, Pahor M, Harris TB  
Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly  
Am J Clin Nutr 85, 405-410, 2007
43. Doherty TJ  
Invited review: Aging and sarcopenia  
J Appl Physiol 95, 1717-1727, 2003
44. Drewnowski A, Evans WJ  
Nutrition, physical activity, and quality of life in older adults: summary  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56A (Special Issue II), 89-94, 2001
45. Durnin JVGA, Womersley J  
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years  
Br J Nutr 32, 77-97, 1974
46. Ebrahimi-Mameghani M, Scott JA, Der G, Lean MEJ, Burns CM  
Changes in weight and waist circumference over 9 years in a Scottish population  
Eur J Clin Nutr 62, 1208-1214, 2008
47. Edström E, Altun M, Bergman E, Johnson H, Kullberg S, Ramírez-León V, Ulfhake B  
Factors contributing to neuromuscular impairment and sarcopenia during aging  
Physiol Behav 92, 129-135, 2007
48. Elia M, Ritz P, Stubbs RJ  
Total energy expenditure in the elderly  
Eur J Clin Nutr 54 (suppl.3), S92-S103, 2000
49. Ellert U, Wirz J, Ziese T  
Beiträge zur Gesundheitsberichtserstattung des Bundes  
Telefonischer Gesundheitssurvey des Robert-Koch-Instituts (2. Welle)  
Robert-Koch-Institut, Berlin 2006
50. Elsen R, Siu ML, Pineda O, Solomons NW  
Sources of variability in bioelectrical impedance determinations in adults. In Ellis KJ, Yasamura S, Morgan WD (eds): In Vivo Body Composition Studies. London: The Institute of Physical Sciences in Medicine, 184-188, 1987
51. Enzi G, Prof A, Gasparo M, Biondetti PR, Fiore D, Semisa M, Zurlo F  
Subcutaneous and visceral fat distribution according to sex, age and overweight, evaluated by computed tomography  
Am J Clin Nutr 44, 739-746, 1986
52. Evans W  
Functional and metabolic consequences of sarcopenia  
J Nutr 127, 998S-1003S, 1997

53. Fantin F, Francesco VD, Fontana G, Zivelonghi A, Bissoli L, Zoico E, Rossi A, Micciolo R, Bosello O, Zamboni M  
Longitudinal body composition changes in old men and women: interrelationships with worsening disability  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 62 (12), 1375-1381, 2007
54. Fischer J, Johnson MA  
Low body weight and weight loss in the aged  
*J Am Diet Assoc* 90, 1697-1706, 1990
55. Flynn MA, Nolph GB, Baker AS, Martin WM, Krause G  
Total body composition in aging humans: a longitudinal study  
*Am J Clin Nutr* 50 (4), 713-717, 1989
56. Forbes GB  
Exercise and lean weight: The influence of body weight  
*Nutr Rev* 50 (6), 1992
57. Forbes GB  
Longitudinal changes in adult fat-free mass: influence of body weight  
*Am J Clin Nutr* 70, 1025-31, 1999
58. Forbes GB, Reina JC  
Adult lean body mass declines with age: Some longitudinal observations  
*Metabolism* 19 (9), 653-662, 1970
59. Forbes GB  
Human body composition: growth, aging, nutrition and activity  
Springer-Verlag New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, 1987
60. Forbes GB  
Some adventures in body composition, with special reference to nutrition  
*Acta Diabetol* 40, S238-S241, 2003
61. Fortier MD, Katzmarysk PT, Bouchard C  
Physical activity, aerobic fitness, and seven-year changes in adiposity in the Canadian population  
*Can J Appl Physiol* 27 (5), 449-462, 2002
62. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R  
Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study  
*J Appl Physiol* 88, 1321-1326, 2000
63. Gallagher D, Ruts E, Visser M, Heshka S, Baumgartner RN, Wang J, Pierson RN, Pi-Sunyer FX, Heymsfield SB  
Weight stability masks sarcopenia in elderly men and women  
*Am J Physiol Endocrinol Metab* 279, E366-E375, 2000

64. Garthe I, Raastad T, Sundgot-Borgen J  
Long-term effect of nutritional counselling on desired gain in body mass and lean body mass in elite athletes  
*Appl Physiol Nutr Metab* 36 (4), 547-554, 2011
65. Gillum RF, Mussolino ME, Madans JH  
Body fat distribution and hypertension incidence in woman and men  
The NHANES I Epidemiologic Follow-up Study  
*In J Obes* 22, 127-134, 1998
66. Goodpaster BH, Won Park S, Harris T, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, Simonsick EM, Tylavsky FA, Visser M, Newman AB  
The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The Health, Aging and Body Composition Study  
*J Gerontol: Medical Sciences* 61A (10), 1059-1064, 2006
67. Going S, Williams D, Lohmann T  
Aging and body composition biological changes and methodological issues  
*Exerc Sport Sci Rev* 23, 411-458, 1995
68. Goldberg GR, Black AE, Jebb SA, Cole TJ, Murgatroyd PR, Coward WA, Prentice AM  
Critical evaluation of energy intake data using principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording  
*Eur J Clin Nutr* 45, 569-581, 1991
69. Gunnes M, Lehmann EH, Mellstrom D, Johnell O  
The relationship between anthropometric measurements and fractures in woman  
*Bone* 19, 407-413, 1996
70. Guo SS, Zeller C, Chumlea WC, Siervogel RM  
Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study  
*Am J Clin Nutr* 70, 405-411, 1999
71. Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M  
Basal concentrations and acute responses of serum hormones and strength development during heavy resistance training in middle-aged and elderly men and women  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 (2), B95-105, 2000
72. Haapanen N, Miilunpalo S, Pasanen M, Oja P, Vuori I  
Association between leisure time physical activity and 10-year body mass change among working-aged men and women  
*Int J Obes* 21, 288-296, 1997
73. Hagerman FC, Walsh SJ, Staron RS, Hikida RS, Gilders RM, Murray TF, Toma K, Ragg KE  
Effects of high-intensity resistance training on untrained older men.I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55 (7), B336-B346, 2000

74. Hassager C, Christiansen C  
Estrogen / gestagen therapy changes soft tissue body composition in postmenopausal women  
Metabolism 38 (7), 662-665, 1989
75. Hays NP, Bathalon GP, Roubenoff R, McCrory MA, Roberts SB  
Eating behaviour and weight change in healthy postmenopausal women: results of a 4-year longitudinal study  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 61 (6), 608-615, 2006
76. Heitmann BL  
Body fat in the adult Danish population aged 35-65 years: an epidemiological study  
Int J Obes 15, 535-545, 1991
77. Heitmann BL  
Impedance: a valid method in assessment of body composition?  
Eur J Clin Nutr 48, 228-240, 1994
78. Heitmann BL und Garby L  
Composition (lean and fat tissue) of weight changes in adult Danes  
Am J Clin Nutr 75, 840-847, 2002
79. Henry CJ  
Mechanisms of changes in basal metabolism during ageing  
Eur J Clin Nutr 54 (suppl 3), S77-S91, 2000
80. Herbert BM  
Körpergewicht und Körperzusammensetzung älterer Menschen unter besonderer Berücksichtigung methodischer Aspekte  
Eine Untersuchung im Rahmen der Giessener Senioren Langzeitstudie  
Dissertation, Institut für Ernährungswissenschaft, Universität Gießen  
Fachverlag Köhler, Gießen 2000
81. Herwig A  
Körperliche Aktivität und Lebensgewohnheiten, Nährstoffzufuhr, klinisch chemische Parameter  
Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) und Verbundstudie Ernährungserhebung und Risikofaktoren-Analytik (VERA)  
In: Kübler V, Anders HJ, Heeschen W, Kohlmeier M (Hrsg.)  
VERA-Schriftenreihe, Band XIII  
Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen 1995
82. Hikida RS, Staron RS, Hagerman FC, Walsh S, Kaiser E, Shell S, Hervey S  
Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. II. Muscle fiber characteristics and nucleo-cytoplasmic relationships.  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 55 (7), B347-B354, 2000

83. Hofer SM, Sliwinski MJ  
Understanding ageing. An evaluation of research designs for assessing the interdependence of ageing-related changes.  
*Gerontology* 47 (6), 341-352, 2001
84. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC  
Correlation of whole-body impedance with total body water volume  
*J Appl Physiol* 27 (4), 1969
85. Horber FF, Gruber B, Thomi F, Jensen EX, Jaeger P  
Effect of sex and age on bone mass, body composition and fuel metabolism in humans  
*Nutrition* 13, 524-534, 1997
86. Hughes VA, Frontera WR, Roubenoff R, Evans WJ, Fiatarone Singh MA  
Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity  
*Am J Clin Nutr* 76, 473-481, 2002
87. Hughes VA, Roubenoff R, Wood M, Frontera WR, Evans WJ, Fiatarone Singh MA  
Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly  
*Am J Clin Nutr* 80, 475-482, 2004
88. Hunter GR, Bryan DR, Wtstein CJ, Zuckerman PA, Bamman MM  
Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women  
*Med Sci Sports Exerc* 34 (6) 1023-1028, 2002
89. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM  
Effects of resistance training on older adults  
*Sports Med* 34 (5), 329-348, 2004
90. Hutcheson L, Latin RW, Berg KE, Prentice E  
Body impedance analysis and body water loss  
*Res Quart Exerc Sport* 59, 359-362, 1988
91. Jakicic JM, Donnelly JE, Jawad AF, Jacobsen DJ, Gunderson SC, Pascale R  
Association between blood lipids and different measures of body fat distribution: effects of BMI and age  
*Int J Obes Relat Metab Disord* 17(3),131-137, 1993
92. Janssen I  
Influence of Sarcopenia on the development of physical disability: The Cardiovascular Health Study  
*J Am Geriatr Soc* 54, 56-62, 2006
93. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R  
Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability  
*J Am Geriatr Soc* 50, 889-896, 2002a

94. Janssen I, Heymsfield SB, Allison DB, Kotler DP, Ross R  
Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat  
Am J Clin Nutr 75, 683-688, 2002b
95. Joseph LJO, Davey SL, Evans WJ, Campbell WW  
Differential effect of resistance training on the body composition and Lipoprotein-lipid profile in older men and women  
Metabolism 48 (11), 1474-1480, 1999
96. Kahn HS, Tatham LM, Rodriguez C, Calle EE, Thun MJ, Heath CW  
Stable behaviors associated with adults' 10-year change in body mass index and likelihood of gain at the waist  
Am J Public Health 87, 747-757, 1997
97. Katsanos CS, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Aarsland A, Wolfe RR  
A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly  
Am J Physiol Endocrinol Metab 291, E381-E387, 2006
98. Katzel LI, Sorkin JD, Fleg JL  
A comparison of longitudinal changes in aerobic fitness in older endurance athletes and sedentary men  
J Am Geriatr Soc 49, 1657-1664, 2001
99. Kleerekoper M, Nelson DA, Peterson EL, Tilley BC  
Outcome variables in Osteoporosis trials  
Bone 13,S29-S34, 1992
100. Köhler W, Schachtel G, Voleske P  
Biostatistik  
Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler  
Springer, Berlin, 4. Auflage 2007
101. Koh-Banerjee P, Chu N-F, Spiegelmann D, Rosner B, Colditz G, Willett W, Rimm E  
Prospective study of the association of changes in dietary intake, physical activity, alcohol consumption, and smoking with 9-y gain in waist circumference among 16.587 US men  
Am J Clin Nutr 78, 719-727, 2003
102. Koster A, Visser M, Simonsick EM, Buring B, Allison DB, Newman AB, Van Eijk JTM, Schwartz AV, Satterfield S, Harris TB  
Association between fitness and changes in body composition and muscle strength  
J Am Geriatr Soc 58, 219-226, 2010
103. Kraemer WJ, Ratamess NA  
Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training  
Sports med 35 (4), 339-361, 2005

104. Krall E, Hayes C, Garcia R  
How dentition status and masticatory- Function affect nutrient intake  
JADA 129, 1261-1269, 1998
105. Krems C, Lührmann PM, Straßburg A, Hartmann B, Neuhäuser-Berthold M  
Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in  
body composition  
Eur J Clin Nutr 59, 255-262, 2005
106. Krotkiewski M  
Can body fat patterning be changed?  
Acta Med Scand Suppl 723, 213-223, 1988
107. Kuczmarski RJ  
Need for body composition information in elderly subjects  
Am J Clin Nutr 50, 1150-1157, 1989
108. Kushner RF, Schoeller DA  
Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis  
Am J Clin Nutr 44, 417-424, 1986
109. Kushner RF  
Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications  
J Am Coll Nutr 11 (2), 199-209, 1992
110. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA  
Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis  
measurements  
Am J Clin Nutr, 64 (suppl), 423S-427S, 1996
111. Kyle UG, Bosaeus I, DeLorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann  
BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMJ, Pichard C  
Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods  
Clin Nutr 23, 1226-1243, 2004a
112. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann  
BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AMJ, Pichard C  
Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization in clinical practice  
Clin Nutr 23, 1430-1453, 2004b
113. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard VL, Michel JP, Slosman DO, Pichard C  
Total body mass, fat mass, fat free mass, and skeletal muscle in older people:  
Cross-sectional differences in 60-year-old persons  
JAGS 49, 1633-1640, 2001
114. Kyle UG, Genton L, Gremion G, Slosman DO, Pichard C  
Aging, physical activity and height-normalized body composition parameters  
Clin Nutr 23, 79-88, 2004c

115. Kyle GK, Melzer K, Kayser B, Kossovsky-Picard M, Gremion G, Pichard C  
Eight-year longitudinal changes in body composition in healthy swiss adults  
J Am Coll Nutr 25 (6), 493-501, 2006b
116. Kyle UG, Zhang FF, Morabia A, Pichard C  
Longitudinal study of body composition changes associated with weight change  
and physical activity  
Nutr 22, 1103-1111, 2006a
117. Leher P, Dennerstein L  
Statistical techniques for the analysis of change in longitudinal studies of the  
menopause  
Acta Obstet Gynecol Scand 81, 581-587, 2002
118. Littell RC, Pendergast J, Natarajan R  
Modelling covariance structure in the analysis of repeated  
measures data  
Statist Med 19, 1793-1819, 2000
119. Littell RC, Henry PR, Ammerman CB,  
Statistical Analysis of Repeated Measures Data Using SAS Procedures  
J Anim Sci 76, 1216-1231, 1998
120. Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD, Schabenberger O  
SAS® for Mixed Models Second Edition  
SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2006
121. Lührmann PM  
Untersuchung zu den bestimmenden Faktoren des Ruheumsatzes älterer  
Menschen  
Eine Auswertung der Querschnittsdaten der Gießener Senioren Langzeitstudie  
Dissertation, Institut für Ernährungswissenschaft, Universität Gießen  
Fachverlag Köhler, Gießen 1999
122. Lührmann PM, Edelmann-Schäfer B, Neuhäuser-Berthold M  
Changes in resting metabolic rate in an elderly German population: cross-  
sectional and longitudinal data  
J Nutr Health Aging, 14 (3), 232-236, 2010
123. Lukaski HC, Bolonchuk WW  
Estimation of body fluid volumes using tetrapolar bioelectrical impedance  
measurements  
Aviat Space Environ Med 59, 1163-1169, 1988
124. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA  
Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body  
composition  
J Appl Physiol 60, 1327-1332, 1986



125. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI  
Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body  
Am J Clin Nutr 41, 810-817, 1985
126. Lukaski HC  
Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis  
Am J Clin Nutr 64 (suppl), 397S-404S, 1996
75. MacIntosh CG, Andrews JM, Jones KL, Wishart JM, Morris HA, Jansen JBMJ, Morley JE, Horowitz M, Chapman IM  
Effects of age on concentrations of plasma cholecystokinin, glucagon-like peptide 1, and peptide YY and their relation to appetite and pyloric motility  
Am J Clin Nutr, 69 (5), 999-1006, 1999
127. Maddalozzo GF, Cardinal BJ, Li F, Snow CM  
The association between hormone therapy use and changes in strength and body composition in early postmenopausal women  
Menopause 11 (4), 438-446, 2004
128. Masoro EJ  
Physiology of Aging  
Int J Sport Nutr Exerc Metab 11, S218-S222, 2001
129. Max Rubner-Institut (Hrsg.)  
Nationale Verzehrsstudie II  
Ergebnisbericht, Teil 1  
Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen  
Max-Rubner-Institut, Karlsruhe, 2008
130. Mensink GBM  
Körperliche Aktivität  
Gesundheitswesen 61 (Sonderheft 2), 126-131, 1999
131. Mensink G  
Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes  
Bundes-Gesundheitssurvey: Körperliche Aktivität  
Robert Koch-Institut (Hrsg.), Berlin 2003
132. Miranda PJ, DeFronzo R, Califf RM  
Metabolic syndrome: Definition, pathophysiology, and mechanisms  
Am Heart J 149, 33-45, 2005
133. Montoye HJ  
Introduction: evaluation of some measurements of physical activity and energy expenditure  
Med Sci Sports Exerc 32 (9 Suppl), S439-S441, 2000

134. Morales A, Heaton JPW, Carson III CC,  
Andropause: a misnomer for a true clinical entity  
J Urol 163, 705-712, 2000
135. Morley JE  
Anorexia of aging: physiologic and pathologic  
Am J Clin Nutr 66, 760-773, 1997
136. Morley JE  
Decreased food intake with aging  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56, Special Issue II, 81-88, 2001
137. Morley JE  
Sarcopenia: Diagnosis and treatment  
J Nutr Health Aging 12(7), 452-456, 2008
138. Murray LA, Reilly JJ, Choudhry M, Durnin JVGA  
A longitudinal study of changes in body composition and basal metabolism in  
physically active elderly men  
Eur J Appl Physiol 72, 215-218, 1996
139. NIH Technol Assess Statement (National Institutes of Health Technology  
Assessment Conference Statement)  
Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement  
Am J Clin Nutr 64 (Suppl), 524S-532S, 1996
140. Neuhäuser-Berthold M, Lührmann PM, Herbert BM, Sültemeier A  
Die Gießener Senioren Langzeitstudie (GISELA) zum Ernährungs- und  
Gesundheitszustand von Gießener Senioren  
Verbraucherdienst 44, 110-113, 1999
141. Newman AB, Haggerty CL, Goodpaster B, Harris T, BH, Kritchevsky, Nevitt M,  
Miles TP, Visser M,  
Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: The  
Health, Aging and Body Composition Study  
J Am Geriatr Soc 51, 323-330, 2003a
142. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick E, Goodpaster B, Nevitt M,  
Kritchevsky SB, Tyllavsky FA, Rubin SM, Harris TB  
Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function  
J Am Geriatr Soc 51, 1602-1609, 2003b
143. Newman AB, Lee JS, Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Tyllavsky FA,  
Nevitt M, Harris TB  
Weight change and the conservation of lean mass in old age: the Health, Aging  
and Body Composition Study  
Am J Clin Nutr 82, 872-878, 2005
144. Nielsen S, Guo Z, Johnson M, Hensrud DD, Jensen MD  
Splanchnic lipolysis in human obesity  
J Clin Invest 113 (11) 1582-1588, 2004

145. Nguyen-Duy T-B, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R  
Visceral fat and liver fat are independent predictors of metabolic risk factors in men  
Am J Physiol Endocrinol Metab 284, E1065-E1071, 2003
146. Noppa H, Andersson M, Bengtsson C, Bruce A, Isaksson B  
Longitudinal studies of anthropometric data and body composition  
The population study of women in Göteborg, Sweden  
Am J Clin Nutr 33, 155-162, 1980
147. Norman K, Bauer J, Smoliner C, Lochs H, Pirlich M  
Bedeutung der Proteinzufuhr bei der Entstehung und Behandlung der Sarkopenie  
Aktuel Ernährungsmed 34, 171-177, 2009
148. Ohlson LO, Larsson B, Svärdsudd K, Welin L, Eriksson H, Wilhelmsen L, Björntorp P, Tibblin G  
The incidence of body fat distribution on the incidence of diabetes mellitus. 13.5 years of follow-up of the participants in the study of men born in 1913  
Diabetes 34, 1055-1058, 1985
149. Oldham NM  
Overview of bioelectrical impedance analyzers  
Am J Clin Nutr 64 (Suppl), 405S-412S
150. Onambélé-Pearson GL, Breen L, Stewart CE  
Influence of exercise intensity in older persons with unchanged habitual nutritional intake: skeletal muscle and endocrine adaptations  
Age 32 (2), 139-153, 2010
151. Ong SK, Fong CW, Ma S, Lee J, Heng D, Deurenberg-Yap M, Low YL, Tan M, Lim WY, Tai ES  
Longitudinal study of the socio-demographic determinants of changes in body weight and waist circumference in a multi-ethnic Asian population  
In J Obes 41, 1-10, 2009
152. Oppert JM, Charles MA, Thibault N, Guy-Grand B, Eschwège E, Ducimetière P  
Anthropometric estimates of muscle and fat mass in relation to cardiac and cancer mortality in men: the Paris Prospective Study  
Am J Clin Nutr 75, 1107-1113, 2002
153. Pařízková J, Eiselt E  
A further study on changes in somatic characteristics and body composition of old men followed longitudinally for 8-10 years  
Hum Biol 43 (3), 318-326, 1971
154. Pařízková J, Eiselt E  
Longitudinal changes in body build and skinfolds in a group of old men over a 16 year period  
Hum Biol 52 (4), 803-809, 1980

155. Perissinotto E, Pisent C, Sergi G, Grigoletto F, Enzi G  
Anthropometric measurements in the elderly: age and gender differences  
Br J Nutr 87 (2), 177-186, 2002
156. Pierson RN, Wang J, Colt EW, Neumann P  
Body composition measurements in normal man: The potassium, sodium, sulfate  
and tritium spaces in 58 adults  
J Chronic Dis 35 (6), 419-428, 1982
157. Pietrobelli A, Wang ZM, Heymsfield SB  
Techniques used in measuring human body composition  
Curr Opin Clin Nutr Metab Care 1, 439-448, 1998
158. Pirlich M, Krüger A, Lochs H  
BIA-Verlaufsuntersuchungen: Grenzen und Fehlermöglichkeiten  
Aktuel Ernaehr Med 25, 64-69, 2000
159. Plowman SA, Drinkwater BL, Horvarth SM  
Age and aerobic power in women: a longitudinal study  
J Gerontol 34 (4), 512-520, 1979
160. Poehlman ET, Goran MI, Gardner AW, Ades PA, Arciero PJ, Katzman-Rooks SM,  
Montgomery SM, Toth MJ, Sutherland PT  
Determinants of decline in resting metabolic rate in aging females  
Am J Physiol 264 (27), E450-E455, 1993
161. Poehlman ET, Arciero PJ, Goran MI  
Endurance exercise in aging humans: effects on energy metabolism  
Exerc Sport Sci Rev 22, 251-283, 1994
162. Pollock ML, Mengelkoch LJ, Graves JE, Lowenthal DT, Limacher MC, Foster C,  
Wilmore JH  
Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track  
athletes  
J Appl Physiol 82 (5), 1508-1516, 1997
163. Porch JV, Jain K, Reilly A, Valdez C, Mazariegos M, Ziegler TR, Solomons N,  
Smith RJ  
Aging, physical activity, insuline-like growth factor I, and body composition in  
Guatemalan women  
Am J Clin Nutr 66, 874-879, 1997
164. Pouliot MC, Després JP, Lemieux S, Moorjani S, Bouchard C, Tremblay A,  
Nedeau A, Lupien PJ  
Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric  
indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related  
cardiovascular risk in men and women  
Am J Cardiol 73, 460-468, 1994

165. Raguso CA, Kyle U, Kossovsky-Picard M, Roynette C, Paoloni-Giacobino A, Hans D, Genton L, Pichard C  
A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: role of physical exercise  
*Clin Nutr* 25, 573-580, 2006
166. Reife CM  
Significance of involuntary weight loss  
*Med Clin North Am* 79 (2), 299-313, 1995
167. Rieu I, Balage M, Sornet C, Giraudet C, Pujos E, Grizard J, Mosoni L, Dardevet D  
Leucine supplementation improves muscle protein synthesis in elderly men independently of Hyperaminoacidaemia  
*J Physiol* 575 (1), 305-315, 2006
168. Rimm EB, Stampfer MJ, Giovannucci E, Ascherio A, Spiegelman D, Colditz GA, Willett WC  
Body size and fat distribution as predictors of coronary heart disease among middle-aged and older US men  
*Am J Epidemiol* 141 (12), 1117-1127, 1995
169. Rising R, Harper IT, Fontvielle AM, Ferraro RT, Spraul M, Ravussin E  
Determinants of total daily Energy expenditure: variability in physical activity  
*Am J Clin Nutr* 59, 800-804, 1994
170. Rissanen A, Heliövaara M, Aromaa A  
Overweight and anthropometric changes in adulthood: a prospective study of 17000 Finns  
*Int J Obes* 12, 391-401, 1988
171. Robert Koch Institut und Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Gesundheit in Deutschland, Gesundheitsberichterstattung des Bundes  
Berlin, 2006
172. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G, Woo J, Baumgartner R, Pillard F, Boirie Y, Chumlea WMC, Vellas B  
Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives  
*J Nutr Health and Aging* 12 (7), 433-450, 2008
173. Rolland YM, Perry HM, Patrick P, Banks WA, Morley JE  
Loss of appendicular muscle mass and loss of muscle strength in young postmenopausal women  
*J Gerontol: Med Sci* 62A (3), 330-335, 2007
174. Rossi A, Fantin F, DiFrancesco V, Guariento S, Giuliano K, Fontana G, Micciolo R, Solerte SB, Bosello O, Zamboni M  
Body composition and pulmonary function in the elderly: a 7-year longitudinal study  
*Int J Obes* 32, 1423-1430, 2008

175. Rosenberg IH  
Sarcopenia: Origins and clinical relevance  
J Nutr 127, 990S-991S, 1997
176. Roubenoff R, Hughes VA  
Sarcopenia: current concepts  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 55 (12), M716-M724, 2000
177. Roubenoff R, Baumgartner RN, Harris TB, Dallal GE, Hannan MT, Economos CD, Stauber PM, Wilson PWF, Kiel DP  
Application of bioelectrical impedance analysis to elderly populations  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 52 (3), M129-M136, 1997
178. Roubenoff R, Harris TB, Abad LW, Wilson PWF, Dallal GE, Dinarello  
Monocyte cytokine production in an elderly population: effect of age and inflammation  
J Gerontol A Biol Sci Med Sci 53 (1), M20-M26, 1998
179. Roubenoff R  
Origins and clinical relevance of sarcopenia  
Can J Appl Physiol 26 (1) 78-89, 2001
180. Rudman D  
Growth hormone, body composition and aging  
J Am Geriatr Soc 33, 800-807, 1985
181. Saris WHM, Blair SN, Van Baak MA, Eaton SB, Davies PSW, DiPietro L, Fogelholm M, Rissanen A, Schoeller D, Swinburn B, Tremblay A, Westerterp KR, Wyatt H  
How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement  
Obes Rev 4, 101-114, 2003
182. Sattler FR, Castaneda-Sceppa C, Binder EF, Schroeder ET, Wang Y, Bhasin S, Kawakubo M, Stewart Y, Yarasheski KE, Ulloor J, Coletti P, Roubenoff R, Azen SP  
Testosterone and growth hormone improve body composition and muscle performance in older men  
J Clin Endocrinol Metab 94, 1991-2001, 2009
183. Schiffman SS, Graham BG  
Taste and smell perception affect appetite and immunity in the elderly  
Eur J Clin Nutr 54 (Suppl 3), 54-63, 2000
184. Schoeller DA  
Changes in total body water with age  
Am J Clin Nutr 50, 1178-1181, 1989

185. Segal KR, Dunalf A, Gutin B, Albu J, Nyman A, Pi-Sunyer FX  
Body composition, not body weight, is related to cardiovascular disease risk factors and sex hormone levels in men  
J Clin Invest 80 (4), 1050-1055, 1987
186. Shimokata H, Andres R, Coon PJ, Elahi D, Muller DC, Tobin JD  
Studies in the distribution of body fat: II. Longitudinal effects of change in weight  
Int J Obes 13, 455-464, 1989
187. Siervogel RM, Wisemandle W, Maynard M, Guo SS, Roche AF, Chumlea WC, Towne B  
Serial changes in body composition throughout adulthood and their relationships to changes in lipid and lipoprotein levels - The Fels Longitudinal Study  
Arterioscler Thromb Vase Biol 18, 1759-1764, 1998
188. Sillanpää E, Häkkinen A, Laaksonen DE, Karavirta L, Kraemer WJ, Häkkinen K  
Serum basal hormone concentrations, nutrition and physical fitness during strength and/or endurance training in 39-64-year-old women  
Int J Sports Med, 31, 110-117, 2010
189. Silva AM, Wang J, Pierson Jr RN, Wang Z, Spivack J, Allison DB, Heymsfield SB, Sardinha LB, Heshka S  
Extracellular water across the adult lifespan: reference values for adults  
Physiol Meas 28, 489-502, 2007
190. Sites CK, L'Hommedieu GD, Toth MJ, Brochu M, Cooper BC, Fairhurst PA  
The effect of hormone replacement therapy on body composition, body fat distribution, and insulin sensitivity in menopausal women: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial  
J Clin Endocrinol Metab 90, 2701-2707, 2005
191. Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Bevölkerung Deutschlands bis 2060  
12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung  
Wiesbaden, 2009a
192. Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Statistisches Jahrbuch 2008  
Für die Bundesrepublik Deutschland  
Wiesbaden, 2008
193. Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
Bildungsstand der Bevölkerung  
Wiesbaden, 2009b
194. Steen B, Isaksson B, Svanborg A  
Body composition at 70 and 75 years of age  
A longitudinal population study  
J Clin Exp Geront 1, 185-200, 1979

195. Steen B, Lundgren BK, Isaksson B  
Body composition at age 70, 75, 79 and 81 years: a longitudinal population study  
In: Chandra RK (ed.): Nutrition, immunity and illness in the elderly, Pergamon Press, 49-52, New York 1985
196. Steinbach S, Staudemaier R, Hummerl T, Arnold W  
Riechverlust im Alter  
Z Gerontol Geriat 41, 394-402, 2008
197. Stevens J, Knapp RG, Keil JE, Verdugo RR  
Changes in body weight and girths in black and white adults studied over a 25 year interval  
Int J Obes 15, 803-808, 1991
198. Stookey JD, Adair L, Stevens J, Popkin BM  
Patterns of long-term change in body composition are associated with diet, activity, income and urban residence among older adults in China  
J Nutr 131, 2433S-2440S, 2001
199. Sturm K, MacIntosh CG, Parker BA, Wishart J, Horowitz M, Chapman IM  
Appetite, food intake, and plasma concentrations of cholecystokinin, ghrelin, and other gastrointestinal hormones in undernourished older woman and well-nourished young and older woman  
J Clin Endocrinol Metab 88, 3747-3755, 2003
200. Song M-Y, Ruts E, Kim R, Janumala I, Heymsfield S, Gallagher D  
Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women  
Am J Clin Nutr 79, 874-880, 2004
201. Suominen H  
Changes In Physical Characteristics And Body Composition During 5-Year Follow-Up In 75- And 80-Year-Old Men And Women  
Scand J Soc Med Suppl 53, 19-24, 1997
202. Sumino H, Ichikawa S, Yoshida A, Murakami M, Kanda T, Mizunuma H, Sakamaki T, Kurabayashi M  
Effects of hormone replacement therapy on weight, abdominal fat distribution, and lipid levels in Japanese postmenopausal women  
In J Obes 27, 1044-1051, 2003
203. Svendsen OL, Hassager C, Christiansen C  
Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry  
Metabolism 44 (3), 369-373, 1995
204. Taylor CB, Jatulis DE, Winkleby MA, Rockhill BJ, Kraemer HC  
Effects of life-style on body mass index change  
Epidemiology 5, 599-603, 1994



205. Tenover JS  
Effects of testosterone supplementation in the aging male  
J Clin Endocrinol Metab 75, 1092-1098, 1992
206. Thorneycroft IH, Lindsay R, Pickar JH  
Body composition during treatment with conjugated estrogens with and without medroxyprogesterone acetate: analysis of the woman's Health, Osteoporosis, Progestin, Estrogen (HOPE) trial  
Am J Obstet Gynecol 197, 137.e1-137.e7, 2007
207. Tiikkainen M, Tamminen M, Häkkinen A-M, Bergholm R, Vehkavaara S, Halavaara J, Teramo K, Rissanen A, Yki-Järvinen H  
Liver-fat accumulation and insulin resistance in obese woman with previous gestational diabetes  
Obes Res 10 (9), 859-867, 2002
208. Toth MJ, Tchernof A, Sites CK, Poehlman ET  
Effect of postmenopausal status on body composition and abdominal fat distribution  
Int J Obes 24, 226-231, 2000
209. Trappe T, Williams R, Carrithers J, Raue U, Esmarck B, Kjaer M  
Influence of age and resistance exercise on human skeletal muscle proteolysis: a microdialysis approach  
J Physiol 554 (3), 803-813, 2003
210. Treuth MS, Ryan AS, Pratley RE, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, Sorkin J, Harman SM, Goldberg AP, Hurley BF  
Effects of strength training on total and regional body composition in older men  
J Appl Physiol 77 (2), 614-620, 1994
211. Van den Akker M, Buntinx F, Metsemakers JF, Roos S, Knottnerus JA  
Multimorbidity in general practice: prevalence, incidence, and determinants of co-occurring chronic and recurrent diseases  
J Clin Epidemiol 51, 367-375, 1998
212. Van Loan MD  
Bioelectrical Impedance Analysis to Determine Fat-Free Mass, Total Body Water and Body Fat  
Sports Med 10 (4), 205-217, 1990
213. Van Loan MD, Mayclin P  
Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water?  
Hum Biol 59 (2), 1987
214. Visser M, Deurenberg P, Van Staveren WA  
Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects  
Eur J Clin Nutr 49, 256-266, 1995

215. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB  
Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well functioning older persons  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60A (3), 324-333, 2005
216. Visser M, Pahor M, Tylavsky F, Kritchevsky SB, Cauley JA, Newman AB, Blunt BA, Harris TB  
One- and two-year change in body composition as measured by DXA in a population-based cohort of older men and women  
*J Appl Physiol* 94, 2368-2374, 2003
217. Volpi E, Kobayashi H, Sheffield-Moore M, Mittendorfer B, Wolfe RR  
Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults  
*Am J Clin Nutr* 78, 250-258, 2003
218. Volpi E, Sheffield-Moore M, Rasmussen BB  
Basal muscle amino acid kinetics and protein synthesis in healthy young and older men  
*JAMA*, 286 (10), 1206-1212, 2001
219. Weinsier RL, Hunter GR, Desmond RA, Byrne NM, Zuckerman PA, Darnell BE  
Free-living activity energy expenditure in women successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight  
*Am J Clin Nutr* 75, 499-504, 2002
220. Westerterp KR, Meijer EP  
Physical activity and parameters of aging: a physiological perspective  
*J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56, Special issue II, 7-12, 2001
221. World Health Organisation (WHO)  
Energy and protein requirements  
Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation  
WHO Technical Report Series 724, Geneva 1985
222. Woo J, Ho SC, Sham A  
Longitudinal changes in body mass index and body composition over 3 years and relationship to health outcomes in Hong Kong Chinese age 70 and older  
*J Am Geriatr Soc* 49, 737-746, 2001
223. Zamboni M, Zoico E, Scartezzini T, Mazzali G, Tosoni P, Zivelonghi A, Gallagher D, De Pergola G, Di Francesco V, Bosello O  
Body composition changes in stable-weight elderly subjects: The effect of sex  
*Aging Clin Exp Res* 15, 321-327, 2003
224. Ziese T  
Der telefonische Gesundheitssurvey 2003 – Baustein zum Gesundheitsmonitoringsystem für Deutschland  
Erster telefonischer Gesundheitssurvey des Robert-Koch-Instituts - Methodische Beiträge, Robert-Koch-Institut, Berlin 2005

## 9 Anhang

**Tab. A1: Variationskoeffizienten für die Resistanz ermittelt aus Messergebnissen der BIA (MW  $\pm$  SD, [Min-Max])**

| Quelle                     | Probandenanzahl | CV (Resistenz) (%)           |
|----------------------------|-----------------|------------------------------|
| Lukaski et al. 1985        | 14              | 2,0 $\pm$ 0,7<br>[0,9 - 3,4] |
| Kushner und Schoeller 1986 | 5               | 1,3<br>[0,3 - 1,9]           |
| Elsen et al. 1987          | 5               | 0,4 $\pm$ 0,2<br>[0,2 - 0,6] |
| Deurenberg et al. 1988     | 12              | 2,8                          |

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, CV =Variationskoeffizient, Min = Minimum, Max = Maximum

**Tab. A2: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J)        |   | Altersgruppe <sup>3</sup>    |   | PAI <sup>4</sup>            |   | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |   | Alter*PAI <sup>6</sup>     |   |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|---|-----------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------|---|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm SE$              | p | $\beta_2 \pm SE$             | p | $\beta_3 \pm SE$            | p | $\beta_4 \pm SE$                | p | $\beta_5 \pm SE$           | p |
| Körpergröße (cm)            | 180,95 ± 3,4636<br>p < 0,0001   | -0,2830 ± 0,04763<br>< 0,0001 |   | 10,1691 ± 2,1654<br>< 0,0001 |   | -2,4845 ± 1,8380<br>0,1768  |   | 0,1447 ± 0,0275<br>< 0,0001     |   | 0,0332 ± 0,0263<br>0,2069  |   |
| Körpergewicht (kg)          | 79,9859 ± 12,0223<br>p < 0,0001 | -0,1777 ± 0,1671<br>0,2878    |   | -16,5753 ± 7,1818<br>0,0217  |   | 0,6245 ± 6,4978<br>0,9235   |   | 0,3044 ± 0,0946<br>0,0013       |   | -0,0151 ± 0,0928<br>0,8711 |   |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 24,1800 ± 4,7476<br>p < 0,0001  | 0,0258 ± 0,0661<br>0,6966     |   | -3,0931 ± 2,8126<br>0,2724   |   | 1,1635 ± 2,5749<br>0,6515   |   | 0,0711 ± 0,0372<br>0,0561       |   | -0,0183 ± 0,0368<br>0,6183 |   |
| Oberarmumfang (cm)          | 29,5378 ± 6,1891<br>p < 0,0001  | -0,0152 ± 0,0868<br>0,8612    |   | -4,4202 ± 3,3097<br>0,1828   |   | 2,7147 ± 3,4904<br>0,4369   |   | 0,0746 ± 0,0444<br>0,0928       |   | -0,0358 ± 0,0499<br>0,4730 |   |
| Taillenumfang (cm)          | 98,0852 ± 16,8024<br>p < 0,0001 | -0,1780 ± 0,2348<br>0,4486    |   | -10,9044 ± 9,4831<br>0,2512  |   | -14,6163 ± 9,2929<br>0,1161 |   | 0,2236 ± 0,1265<br>0,0776       |   | 0,2053 ± 0,1328<br>0,1223  |   |
| Hüftumfang (cm)             | 98,2492 ± 17,4147<br>p < 0,0001 | 0,0788 ± 0,2438<br>0,7465     |   | -13,3873 ± 9,5548<br>0,1623  |   | 3,4160 ± 9,7331<br>0,7257   |   | 0,2450 ± 0,1278<br>0,0556       |   | -0,0601 ± 0,1390<br>0,6656 |   |
| WHR                         | 0,9701 ± 0,1321<br>p < 0,0001   | -0,0020 ± 0,0019<br>0,2865    |   | -0,0068 ± 0,0595<br>0,9088   |   | -0,1247 ± 0,0781<br>0,1104  |   | 0,0002 ± 0,0008<br>0,8133       |   | 0,0018 ± 0,0011<br>0,1025  |   |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio

**Tab. A3: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Männer des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | PAI <sup>4</sup>  |        | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |        | Alter*PAI <sup>6</sup> |        |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------|--------|---------------------------------|--------|------------------------|--------|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$          | p      | $\beta_3 \pm SE$  | p      | $\beta_4 \pm SE$                | p      | $\beta_5 \pm SE$       | p      |
| Körpergröße (cm)            | 185,18 ± 7,0137<br>p < 0,0001   | -0,1900 ± 0,0981       | 0,0533 | -3,1745 ± 4,0483          | 0,4344 | -2,4410 ± 3,7124  | 0,5111 | 0,0534 ± 0,0506                 | 0,2922 | 0,0381 ± 0,0541        | 0,4814 |
| Körpergewicht (kg)          | 80,6267 ± 20,5129<br>p = 0,0001 | 0,0070 ± 0,2903        | 0,9808 | -32,5378 ± 11,2130        | 0,0044 | 15,4366 ± 11,0743 | 0,1640 | 0,4704 ± 0,1463                 | 0,0014 | -0,2369 ± 0,1613       | 0,1426 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 22,4944 ± 7,0753<br>p = 0,0018  | 0,0708 ± 0,1002        | 0,4804 | -9,5872 ± 3,8402          | 0,0138 | 6,2149 ± 3,8297   | 0,1052 | 0,1363 ± 0,0502                 | 0,0069 | -0,0952 ± 0,0558       | 0,0885 |
| Oberarmumfang (cm)          | 30,7071 ± 9,4931<br>p = 0,0015  | 0,0015 ± 0,1360        | 0,9910 | -5,0674 ± 4,4713          | 0,2592 | 4,4730 ± 5,3732   | 0,4055 | 0,0719 ± 0,0593                 | 0,2261 | -0,0743 ± 0,0784       | 0,3436 |
| Taillenumfang (cm)          | 51,7174 ± 27,1681<br>p = 0,0592 | 0,7147 ± 0,3868        | 0,0652 | -32,3169 ± 14,0582        | 0,0231 | 31,3577 ± 14,9535 | 0,0365 | 0,4739 ± 0,1855                 | 0,0109 | -0,4854 ± 0,2180       | 0,0264 |
| Hüftumfang (cm)             | 76,6030 ± 24,3848<br>p = 0,0021 | 0,3897 ± 0,3477        | 0,2629 | -4,8922 ± 12,3916         | 0,6936 | 7,3995 ± 13,5010  | 0,5839 | 0,1094 ± 0,1638                 | 0,5045 | -0,1308 ± 0,1968       | 0,5067 |
| WHR                         | 0,6498 ± 0,2309<br>p = 0,0057   | 0,0047 ± 0,0033        | 0,1600 | -0,1226 ± 0,0999          | 0,2219 | 0,2317 ± 0,1334   | 0,0830 | 0,0016 ± 0,0013                 | 0,2326 | -0,0035 ± 0,0019       | 0,0735 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio

**Tab. A4: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der Frauen des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J)  |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | PAI <sup>4</sup>        |        | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |        | Alter*PAI <sup>6</sup>  |        |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|--------|-------------------------|--------|---------------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                             |                                 | $\beta_1 \pm \text{SE}$ | p      | $\beta_2 \pm \text{SE}$   | p      | $\beta_3 \pm \text{SE}$ | p      | $\beta_4 \pm \text{SE}$         | p      | $\beta_5 \pm \text{SE}$ | p      |
| Körpergröße (cm)            | 188,80 ± 9,8294<br>p < 0,0001   | -0,3975 ± 0,1296        | 0,0025 | -2,4752 ± 5,8586          | 0,6754 | -10,2382 ± 4,9184       | 0,0389 | 0,06665 ± 0,0682                | 0,3299 | 0,1303 ± 0,0683         | 0,0580 |
| Körpergewicht (kg)          | 124,46 ± 26,0174<br>p < 0,0001  | -0,8092 ± 0,3510        | 0,0223 | -30,1781 ± 14,2121        | 0,0413 | -19,9088 ± 13,4890      | 0,1418 | 0,4678 ± 0,1800                 | 0,0102 | 0,2728 ± 0,1871         | 0,1468 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 39,0792 ± 10,4494<br>p < 0,0007 | -0,1849 ± 0,1408        | 0,1907 | -10,6567 ± 5,7609         | 0,0733 | -4,3632 ± 5,3951        | 0,4198 | 0,1577 ± 0,0726                 | 0,0313 | 0,0633 ± 0,0749         | 0,3990 |
| Oberarmumfang (cm)          | 37,3371 ± 14,3113<br>p = 0,0135 | -0,1229 ± 0,1942        | 0,5278 | -13,9098 ± 7,3117         | 0,0659 | 2,9484 ± 7,6578         | 0,7007 | 0,1900 ± 0,0939                 | 0,0447 | -0,0331 ± 0,1062        | 0,7559 |
| Taillenumfang (cm)          | 107,52 ± 43,3827<br>p = 0,0185  | -0,3635 ± 0,5890        | 0,5379 | -30,9979 ± 22,0266        | 0,1687 | -12,7036 ± 23,2802      | 0,5860 | 0,4649 ± 0,2830                 | 0,1024 | 0,2162 ± 0,3230         | 0,5041 |
| Hüftumfang (cm)             | 169,95 ± 41,82646<br>p = 0,0002 | -0,9809 ± 0,5605        | 0,0822 | -26,2280 ± 20,7675        | 0,2155 | -35,8005 ± 22,2324      | 0,1092 | 0,4125 ± 0,2670                 | 0,1242 | 0,5172 ± 0,3084         | 0,0954 |
| WHR                         | 0,5077 ± 0,3418<br>p = 0,1469   | 0,0042 ± 0,0047         | 0,3744 | -0,0887 ± 0,1523          | 0,5643 | 0,1631 ± 0,1935         | 0,4003 | 0,0012 ± 0,0020                 | 0,5561 | -0,0020 ± 0,0027        | 0,4681 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppen > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio

**Tab. A5: Altersabhängige Veränderungen der anthropometrischen Parameter der jüngeren Männer des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Anthropometrische Parameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE      | Alter <sup>2</sup> (J) |        | PAI <sup>3</sup>  |        | Alter*PAI <sup>4</sup> |        |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------|--------|-------------------|--------|------------------------|--------|
|                             |                                  | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$  | p      | $\beta_3 \pm SE$       | p      |
| Körpergröße (cm)            | 163,02 ± 15,3922<br>p < 0,0001   | 0,1177 ± 0,2239        | 0,6002 | 9,2833 ± 8,7730   | 0,2927 | -0,1252 ± 0,1285       | 0,3323 |
| Körpergewicht (kg)          | 75,7850 ± 44,9365<br>p = 0,1090  | 0,2031 ± 0,6555        | 0,7575 | -5,7811 ± 25,7253 | 0,8227 | -0,02588 ± 0,3767      | 0,9454 |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> )    | 29,9086 ± 16,0996<br>p = 0,0796  | 0,003581 ± 0,2349      | 0,9879 | -5,2988 ± 9,2290  | 0,5673 | 0,04072 ± 0,1352       | 0,7639 |
| Oberarmumfang (cm)          | 44,4881 ± 20,7522<br>p = 0,0460  | -0,1668 ± 0,3023       | 0,5825 | -6,8162 ± 11,9912 | 0,5711 | 0,06692 ± 0,1754       | 0,7037 |
| Taillenumfang (cm)          | -23,4635 ± 69,4304<br>p = 0,7393 | 1,9378 ± 1,0130        | 0,0589 | 50,1005 ± 39,8473 | 0,2118 | -0,8563 ± 0,5836       | 0,1457 |
| Hüftumfang (cm)             | 67,9431 ± 56,0732<br>p = 0,2413  | 0,6847 ± 0,8181        | 0,4048 | -3,4340 ± 32,1958 | 0,9153 | -0,06966 ± 0,4715      | 0,8829 |
| WHR                         | 0,1476 ± 0,6629<br>p = 0,8263    | 0,01177 ± 0,009671     | 0,2267 | 0,4944 ± 0,3809   | 0,1975 | -0,00734 ± 0,005578    | 0,1918 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung des Parameters (jährliche Veränderung); <sup>3</sup> PAI:  $\beta_2$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten);

<sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio

**Tab. A6: Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Frauen des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungsparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | PAI <sup>4</sup> |        | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |        | Alter*PAI <sup>6</sup> |        |
|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------|---------------------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|--------|------------------------|--------|
|                                 |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$          | p      | $\beta_3 \pm SE$ | p      | $\beta_4 \pm SE$                | p      | $\beta_5 \pm SE$       | p      |
| FFM (kg)                        | 51,0475 ± 5,5725<br>p < 0,0001  | -0,1722 ± 0,0778       | 0,0272 | -5,4845 ± 3,1817          | 0,0858 | -1,7368 ± 3,0712 | 0,5718 | 0,0904 ± 0,0424                 | 0,0332 | 0,0277 ± 0,0439        | 0,5280 |
| FFM (% KG)                      | 58,5922 ± 8,8578<br>p < 0,0001  | -0,0081 ± 0,1239       | 0,9476 | 6,2211 ± 4,9512           | 0,2100 | -0,5607 ± 4,9214 | 0,9093 | -0,1230 ± 0,0661                | 0,0631 | 0,0199 ± 0,0703        | 0,7774 |
| Fettmasse (kg)                  | 30,3976 ± 10,2246<br>p = 0,0032 | -0,02511 ± 0,1425      | 0,8601 | -10,6686 ± 5,9919         | 0,0761 | 1,7273 ± 5,5769  | 0,7568 | 0,2069 ± 0,0794                 | 0,0093 | -0,0342 ± 0,0797       | 0,6676 |
| Fettmasse (% KG)                | 41,4078 ± 8,8578<br>p < 0,0001  | 0,0081 ± 0,1239        | 0,9476 | -6,2211 ± 4,9512          | 0,2100 | 0,5607 ± 4,9214  | 0,9093 | 0,1230 ± 0,0661                 | 0,0631 | -0,0199 ± 0,0703       | 0,7774 |
| GKW (L)                         | 38,4860 ± 3,8261<br>p < 0,0001  | -0,1002 ± 0,0534       | 0,0611 | -3,3584 ± 2,1940          | 0,1269 | -2,1594 ± 2,1051 | 0,3052 | 0,0594 ± 0,0292                 | 0,0424 | 0,0321 ± 0,0301        | 0,2858 |
| GKW (% KG)                      | 42,6464 ± 6,7185<br>p < 0,0001  | 0,06201 ± 0,0939       | 0,5090 | 6,9266 ± 3,8290           | 0,0715 | -1,1348 ± 3,7053 | 0,7595 | -0,1243 ± 0,0510                | 0,0150 | 0,0236 ± 0,0530        | 0,6564 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0;  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, GKW = Gesamtkörperwasser, FFM = Fettfreie Masse, KG = Körpergewicht



**Tab. A7: Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Männer des Gesamtkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | PAI <sup>4</sup> |        | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |        | Alter*PAI <sup>6</sup> |        |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------|---------------------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|--------|------------------------|--------|
|                                |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$          | p      | $\beta_3 \pm SE$ | p      | $\beta_4 \pm SE$                | p      | $\beta_5 \pm SE$       | p      |
| FFM (kg)                       | 57,4512 ± 12,3772<br>p < 0,0001 | -0,0498 ± 0,1760       | 0,7774 | -11,8375 ± 6,5381         | 0,0725 | 6,7327 ± 6,7876  | 0,3217 | 0,1674 ± 0,0861                 | 0,0524 | -0,0852 ± 0,0989       | 0,3898 |
| FFM (% KG)                     | 72,8869 ± 16,327<br>p < 0,0001  | -0,0941 ± 0,2328       | 0,6864 | 10,9953 ± 8,3566          | 0,1906 | -4,5649 ± 9,0447 | 0,6140 | -0,1639 ± 0,1104                | 0,1383 | 0,1002 ± 0,1319        | 0,4479 |
| Fettmasse (kg)                 | 22,5305 ± 17,3059<br>p = 0,1953 | 0,0693 ± 0,2458        | 0,7781 | -20,7833 ± 9,2402         | 0,0262 | 9,4454 ± 9,4562  | 0,3183 | 0,3037 ± 0,1215                 | 0,0127 | -0,1643 ± 0,1378       | 0,2339 |
| Fettmasse (% KG)               | 27,1131 ± 16,3271<br>p = 0,0922 | 0,0941 ± 0,2328        | 0,6864 | -10,9953 ± 8,3566         | 0,1906 | 4,5649 ± 9,0447  | 0,6140 | 0,1639 ± 0,1104                 | 0,1383 | -0,1002 ± 0,1319       | 0,4479 |
| GKW (L)                        | 41,3630 ± 10,3888<br>p = 0,0001 | -0,0017 ± 0,1477       | 0,9910 | -10,7035 ± 5,5148         | 0,0545 | 6,0547 ± 5,6878  | 0,2876 | 0,1534 ± 0,0726                 | 0,0350 | -0,0792 ± 0,0829       | 0,3402 |
| GKW (% KG)                     | 54,0516 ± 11,7904<br>p < 0,0001 | 0,0483 ± 0,1684        | 0,7744 | 5,6771 ± 5,8988           | 0,3376 | -2,9533 ± 6,5761 | 0,6530 | -0,0855 ± 0,0781                | 0,2741 | 0,0675 ± 0,0959        | 0,4817 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0,  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler; J = Jahre, GKW = Gesamtkörpergewicht, FFM = Fettfreie Masse, KG = Körpergewicht

**Tab. A8: Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der Frauen des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE     | Alter <sup>2</sup> (J) |        | Altersgruppe <sup>3</sup> |        | PAI <sup>4</sup>   |        | Alter*Altersgruppe <sup>5</sup> |        | Alter*PAI <sup>6</sup> |        |
|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|--------|---------------------------|--------|--------------------|--------|---------------------------------|--------|------------------------|--------|
|                                |                                 | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$          | p      | $\beta_3 \pm SE$   | p      | $\beta_4 \pm SE$                | p      | $\beta_5 \pm SE$       | p      |
| FFM (kg)                       | 91,6531 ± 13,0689<br>p < 0,0001 | -0,7163 ± 0,1770       | 0,0001 | -7,1236 ± 6,8882          | 0,3086 | -23,9375 ± 6,8912  | 0,0007 | 0,1041 ± 0,0882                 | 0,2393 | 0,3285 ± 0,0956        | 0,0007 |
| FFM (% KG)                     | 75,8148 ± 21,3160<br>p = 0,0012 | -0,2159 ± 0,2886       | 0,4554 | 20,3055 ± 11,2537         | 0,0803 | -15,0109 ± 11,2310 | 0,1831 | -0,3065 ± 0,1440                | 0,0347 | 0,2061 ± 0,1558        | 0,1877 |
| Fettmasse (kg)                 | 35,0037 ± 22,3934<br>p = 0,1276 | -0,1232 ± 0,3026       | 0,6845 | -24,5930 ± 12,0639        | 0,0496 | -3,5342 ± 11,6856  | 0,7627 | 0,3833 ± 0,1536                 | 0,0135 | -0,0479 ± 0,1621       | 0,7680 |
| Fettmasse (% KG)               | 24,1852 ± 21,3160<br>p = 0,2647 | 0,2159 ± 0,2886        | 0,4554 | -20,3055 ± 11,2537        | 0,0803 | 15,0109 ± 11,2310  | 0,1831 | 0,3065 ± 0,1440                 | 0,0347 | -0,2061 ± 0,1558       | 0,1877 |
| GKW (L)                        | 62,2067 ± 8,6863<br>p < 0,0001  | -0,4199 ± 0,1176       | 0,0005 | -5,2979 ± 4,5979          | 0,2575 | -14,7388 ± 4,5710  | 0,0015 | 0,0802 ± 0,0588                 | 0,1746 | 0,2032 ± 0,0634        | 0,0016 |
| GKW (% KG)                     | 43,1535 ± 15,9080<br>p = 0,0105 | 0,6708 ± 0,2151        | 0,7427 | 17,6736 ± 8,5042          | 0,0455 | -5,2486 ± 8,3317   | 0,5296 | -0,2615 ± 0,1085                | 0,0170 | 0,0724 ± 0,1156        | 0,5321 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung der Altersgruppe > 69 Jahre; <sup>3</sup> Altersgruppen: Altersgruppe 60-69 Jahre = 1, Altersgruppe > 69 Jahre = 0;  $\beta_2$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von Altersgruppe > 69 Jahre zu Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>4</sup> PAI:  $\beta_3$  = Verschiebung des Y-Achsenabschnittes von unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); <sup>5</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und Altersgruppen,  $\beta_4$  = Differenz der Steigung zwischen Altersgruppe > 69 Jahre und Altersgruppe 60-69 Jahre; <sup>6</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_5$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler; J = Jahre, GKW = Gesamtkörperwasser, FFM = Fettfreie Masse, KG = Körpergewicht

**Tab. A9: Altersabhängige Veränderungen der Parameter der Körperzusammensetzung der jüngeren Männer des Teilkollektivs mit Berücksichtigung der körperlichen Aktivität anhand des PROC MIXED Modells**

| Körperzusammensetzungsparameter | Intercept <sup>1</sup> ± SE<br>p | Alter <sup>2</sup> (J) |        | PAI <sup>3</sup>   |        | Alter*PAI <sup>4</sup> |        |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------|--------------------|--------|------------------------|--------|
|                                 |                                  | $\beta_1 \pm SE$       | p      | $\beta_2 \pm SE$   | p      | $\beta_3 \pm SE$       | p      |
| FFM (kg)                        | 69,9461 ± 27,3769<br>p = 0,0199  | -0,1913 ± 0,3994       | 0,6331 | -10,0710 ± 15,6785 | 0,5222 | 0,1276 ± 0,2296        | 0,5797 |
| FFM (% KG)                      | 89,2045 ± 35,9283<br>p = 0,0231  | -0,4022 ± 0,5242       | 0,4449 | -6,7002 ± 20,6224  | 0,7460 | 0,1800 ± 0,3020        | 0,5526 |
| Fettmasse (kg)                  | 11,1931 ± 36,5301<br>p = 0,7628  | 0,3189 ± 0,5330        | 0,5511 | 1,4600 ± 20,9431   | 0,9446 | -0,1139 ± 0,3067       | 0,7112 |
| Fettmasse (% KG)                | 10,7955 ± 35,9283<br>p = 0,7673  | 0,4022 ± 0,5242        | 0,4449 | 6,7002 ± 20,6224   | 0,7460 | -0,1800 ± 0,3020       | 0,5526 |
| GKW (L)                         | 45,9868 ± 22,8275<br>p = 0,0591  | -0,03031 ± 0,3330      | 0,9277 | -5,1135 ± 13,0725  | 0,6966 | 0,05395 ± 0,1914       | 0,7787 |
| GKW (% KG)                      | 59,5016 ± 25,8211<br>p = 0,0333  | -0,1726 ± 0,3767       | 0,6479 | -2,3101 ± 14,8219  | 0,8765 | 0,08907 ± 0,2171       | 0,6826 |

<sup>1</sup> Intercept: Y-Achsenabschnitt; <sup>2</sup> Alter:  $\beta_1$  = Steigung des Parameters (jährliche Veränderung); <sup>3</sup> PAI:  $\beta_2$  = Steigung in Abhängigkeit vom Aktivitätsniveau (Indexpunkten);

<sup>4</sup> Wechselwirkung (Interaktion) zwischen Alter und PAI,  $\beta_3$  = Differenz der Steigung zwischen unterschiedlichen Aktivitätsniveaus (Indexpunkten); SE = Standardfehler, J = Jahre, BMI = Body-Mass-Index, WHR = Waist-Hip-Ratio

**Tab. A10: Anteil (%) der Probanden des Gesamtkollektivs nach zeitlichem Aufwand für sportliche Aktivitäten getrennt nach Geschlecht und Altersgruppen**

| Sportliche Aktivitäten<br>(h / Woche) |   | 60-69 Jahre<br>(n = 189 F, 93 M) | > 69 Jahre<br>(n = 90 F, 30 M) |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| 0,0-1,0                               | F | 15,9<br>(n = 30)                 | 16,7<br>(n = 15)               |
|                                       | M | 12,9<br>(n = 12)                 | 16,7<br>(n = 5)                |
| 1,1-2,0                               | F | 6,3<br>(n = 12)                  | 10,0<br>(n = 9)                |
|                                       | M | 7,5<br>(n = 7)                   | 6,7<br>(n = 2)                 |
| 2,1-4,0                               | F | 23,8<br>(n = 45)                 | 22,2<br>(n = 20)               |
|                                       | M | 9,7<br>(n = 9)                   | 6,7<br>(n = 2)                 |
| > 4,0                                 | F | 54,0<br>(n = 102)                | 51,1<br>(n = 46)               |
|                                       | M | 69,9<br>(n = 65)                 | 70,0<br>(n = 21)               |

F = Frauen, M = Männer

**Tab. A11: Höchster Schulabschluss der Probanden des Gesamtkollektivs getrennt nach Geschlecht (absolut und prozentual)**

| Schulabschluss                                 | Frauen<br>(n = 274) |      | Männer<br>(n = 126) |      | Gesamt<br>(n = 400) |      |
|--|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
|  | abs.                | %    | abs.                | %    | abs.                | %    |
| Kein Schulabschluss                            | 2                   | 0,7  | 1                   | 0,8  | 3                   | 0,8  |
| Volksschul- oder<br>Hauptschulabschluss        | 144                 | 52,6 | 56                  | 44,4 | 200                 | 50,0 |
| Realschul- oder<br>gleichwertiger<br>Abschluss | 94                  | 34,3 | 31                  | 24,6 | 125                 | 31,3 |
| Fachhochschul- oder<br>Hochschulreife          | 34                  | 12,4 | 38                  | 30,2 | 72                  | 18,0 |

**Tab. A12: Jährliche Veränderung der Körpergröße des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechende Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)    | (cm / Jahr) |        |
|------------------------------------|------------------------------|-------------|--------|
|                                    |                              | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | 0,09 ↓      | 0,14 ↓ |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0           | 0,24 ↓      | 0,14 ↓ |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | 0,17 ↓      | 0,10 ↓ |
|                                    | 8 F; > 69,0                  | 0,17 ↓      |        |
| Dey et al. 2009                    | 49 F, 38 M; Ø 75,0           | 0,20 ↓      | 0,12 ↓ |
| Flynn et al. 1989                  | 16 F, 103 M; > 61,0          | 0,33 ↓      | 0,14 ↓ |
| Hays et al. 2006                   | 36 F; Ø 61,3                 | 0,16 ↓      |        |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6   | 0,08 ↓      | 0,07 ↓ |
| Murray et al. 1996                 | 22 M; Ø 62,0                 |             | 0,25 ↓ |
| Noppa et al. 1980                  | 65 F; Ø 60,0                 | 0,10 ↓      |        |
| Rissanen et al. 1988               | 951 F, 722 M; 60,0-69,0      | 0,10 ↓      | 0,06 ↓ |
|                                    | 226 F, 150 M; ≥ 70           | 0,14 ↓      | 0,12 ↓ |
| Steen 1979                         | 28 F, 37 M; 70,0             | 0,26 ↓      | 0,22 ↓ |
| Stevens et al. 1991                | 102 F, 141 M; 47,0-74,0      | 0,09 ↓      | 0,05 ↓ |
| Suominen 1997                      | 124 F, 64 M; Ø 75,0          | 0,32 ↓      | 0,20 ↓ |
|                                    | 63 F, 24 M; Ø 80,0           | 0,26 ↓      | 0,20 ↓ |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5 | 0,27 ↓      | 0,27 ↓ |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8  | 0,45 ↓      | 0,35 ↓ |

↓ = abnehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre

**Tab. A13: Jährliche Veränderung des Körpergewichts des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)    | (kg / Jahr) |        |
|------------------------------------|------------------------------|-------------|--------|
|                                    |                              | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | 0,15 ↑      | 0,07 ↑ |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0           | 0,18 ↓      | k. V.  |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | 0,15 ↑      | k. V.  |
|                                    | 8 F; > 69,0                  | 0,35 ↓      |        |
| Carmelli et al. 1991               | 850 M; 42,0-50,0             |             | 0,1 ↑  |
|                                    | 311 M; 51,0-62,0             |             | 0,07 ↓ |
| Dey et al. 1999                    | 53 F, 33 M; Ø 70,0           | 0,38 ↓      | 0,4 ↓  |
| Dey et al. 2009                    | 49 F, 38 M; Ø 75,0           | k. V.       | k. V.  |
| Ebrahimi-Mameghani et al. 2008     | 278 F, 212 M; Ø 59,0         | 0,18 ↑      | 0,24 ↑ |
| Fantin et al. 2007                 | 97 F, 62 M; Ø 71,0           | k. V.       | k. V.  |
| Gallagher et al. 2000              | 54 F; Ø 70,2, 24 M; Ø 72,9   | k. V.       | k. V.  |
| Goodpaster et al. 2006             |                              |             | 0,16 ↓ |
| Guo et al. 1999                    | 108 F, 102 M; 40,0-64,0      | 0,55 ↑      | 0,30 ↑ |
| Hays et al. 2006                   | 36 F; Ø 61,3                 | k. V.       |        |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 154 M; Ø 60,6  | 0,12 ↑      | k. V.  |
| Noppa et al. 1980                  | 65 F; Ø 60,0                 | k. V.       |        |
| Pařízková und Eiselt 1971          | 35 M; Ø 62,4                 |             | k. V.  |
|                                    | 20 M; Ø 70,2                 |             | k. V.  |
| Rissanen et al. 1988               | 951 F, 722 M; 60,0-69,0      | 0,40 ↓      | 0,06 ↓ |
|                                    | 226 F, 150 M; ≥ 70,0         | 0,70 ↓      | 0,36 ↓ |
| Rossi et al. 2008                  | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7   | k. V.       | k. V.  |
| Steen et al. 1979                  | 28 F, 37 M; Ø 70,0           | 0,34 ↓      | 0,58 ↓ |
| Steen et al. 1985                  | 14 F, 9 M; Ø 70,0            | 0,52 ↓      | 0,54 ↓ |
| Stevens et al. 1991                | 141 F und 102 M; 47,0-74,0   | k. V.       | 0,08 ↓ |
| Shimokata et al. 1989              | 77 F, 157 M; 45,0-64,0       | 0,20 ↑      | 0,34 ↑ |
|                                    | 46 F, 106 M; 65,0-86,0       | 0,22 ↓      | 0,12 ↓ |
| Song et al. 2004                   | 26 F; Ø 75,5                 | k. V.       |        |
| Suominen 1997                      | 124 F, 64 M; Ø 75,0          | 0,30 ↓      | k. V.  |
|                                    | 63 F, 24 M; Ø 80,0           | 0,30 ↓      | k. V.  |
| Murray et al. 1996                 | 22 M; Ø 62,0                 |             | k. V.  |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5 | 0,53 ↓      | 0,57 ↓ |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8  | k. V.       | k. V.  |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A14: Jährliche Veränderung des BMI des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)    | (kg/m <sup>2</sup> / Jahr) |        |
|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------|
|                                    |                              | Frauen                     | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | 0,08 ↑                     | k. V.  |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0           | k. V.                      | k. V.  |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | 0,08 ↑                     | 0,09 ↑ |
|                                    | 8 F; > 69,0                  | k. V.                      |        |
| Carmelli et al. 1991               | 850 M; 42,0-50,0             |                            | 0,05 ↑ |
|                                    | 311 M; 51,0-62,0 J           |                            | k. V.  |
| Dey et al. 1999                    | 53 F, 33 M; Ø 70,0           | 0,07 ↓                     | 0,07 ↓ |
| Dey et al. 2009                    | 49 F, 38 M; Ø 75,0           | k. V.                      | k. V.  |
| Ebrahimi-Mameghani et al. 2008     | 212 M, 278 F; Ø 59,0         | 0,10 ↑                     | 0,11 ↑ |
| Fantin et al. 2007                 | 97 F, 62 M; Ø 71,0           | k. V.                      | k. V.  |
| Gallagher et al. 2000              | 54 F; Ø 70,2, 24 M; Ø 72,9   | k. V.                      | k. V.  |
| Guo et al. 1999                    | 108 F, 102 M; 40,0-64,0      | 0,22 ↑                     | 0,11 ↑ |
| Hays et al. 2006                   | 36 F; Ø 61,3                 | k. V.                      |        |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 154 M; Ø 60,6  | 0,07 ↑ kg                  | k. V.  |
| Rissanen et al. 1988               | 951 F, 722 M; 60,0-69,0      | 0,14 ↓                     | k. V.  |
|                                    | 226 F, 150 M; ≥ 70,0         | 0,26 ↓                     | 0,10 ↓ |
| Rossi et al. 2008                  | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7   | k. V.                      | k. V.  |
| Stevens et al. 1991                | 141 F, 102 M; 47,0-74,0      | k. V.                      | k. V.  |
| Shimokata et al. 1989              | 77 F, 157 M; 45,0-64,0       | 0,14 ↑                     | 0,12 ↑ |
|                                    | 46 F, 106M; 65,0-86,0        | k. V.                      | k. V.  |
| Siervogel et al. 1998              | 62 F, 53 M; 45,0-65,0        | 0,18 ↑                     | 0,12 ↑ |
| Song et al. 2004                   | 26 F; Ø 75,5                 | k. V.                      |        |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5 | 0,17 ↓                     | 0,13 ↓ |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8  | 0,15 ↑                     | 0,15 ↑ |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung



**Tab. A15: Jährliche Veränderung des Taillenumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)    | (cm / Jahr) |        |
|------------------------------------|------------------------------|-------------|--------|
|                                    |                              | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | k. V.       | k. V.  |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0           | k. V.       | k. V.  |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | k. V.       | 0,51 ↑ |
|                                    | 8 F; > 69,0                  | k. V.       |        |
| Carmelli et al. 1991               | 311 M; 51,0-62,0 J           |             | 0,15 ↑ |
| DeGroot et al. 2002                | 370 F, 292 M; 70,0-75,0      | 0,39 ↑      | 0,29 ↑ |
| Ebrahimi-Mameghani et al. 2008     | 278 F, 212 M; Ø 59,0         | 0,49 ↑      | 0,42 ↑ |
| Fantin et al. 2007                 | 97 F, 62 M; Ø 71,0           | 0,48 ↑      | k. V.  |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6   | 0,43 ↑      | k. V.  |
| Noppa et al. 1980                  | 65 F; Ø 60,0                 | 0,78 ↑      |        |
| Pařízková und Eiselt 1980          | 22 M; Ø 65,4                 |             | 0,34 ↑ |
| Rossi et al. 2008                  | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7   | 0,24 ↑      | k. V.  |
| Stevens et al. 1991                | 141 F, 102 M; 47,0-74,0      | 0,18 ↑      | 0,22 ↑ |
| Shimokata et al. 1989              | 77 F, 157 M; 45,0-64,0       | 0,20 ↑      | 0,56 ↑ |
|                                    | 46 F, 106 M; 65,0-86,0       | k. V.       | 0,24 ↑ |
| Stookey et al. 2001                | 315 F; Ø 57,5, 299 M; Ø 57,6 | k. V.       | k. V.  |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8  | 0,70 ↑      | 0,60 ↑ |

↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A16: Jährliche Veränderung des Hüftumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                          | Probanden; Basisalter (J)   | (cm / Jahr) |        |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------|--------|
|                                 |                             | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0     | 0,30 ↑      | k. V.  |
|                                 | 92 F, 30 M; > 69,0          | k. V.       | k. V.  |
| GISELA-Studie (Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0       | k. V.       | 0,61 ↑ |
|                                 | 8 F; > 69,0                 | k. V.       |        |
| Hughes et al. 2004              | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6  | k. V.       | 0,29 ↓ |
| Shimokata et al. 1989           | 77 F, 157 M; 45,0-64,0      | 0,22 ↑      | 0,22 ↑ |
|                                 | 46 F, 106 M; 65,0-86,0      | 0,26 ↓      | k. V.  |
| Zamboni et al. 2003             | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8 | 0,55 ↑      | 0,65 ↑ |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A17: Jährliche Veränderung der WHR des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                          | Probanden; Basisalter (J)   | (Veränderung / Jahr) |         |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------|
|                                 |                             | Frauen               | Männer  |
| GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0     | k. V.                | k. V.   |
|                                 | 92 F, 30 M; > 69,0          | k. V.                | k. V.   |
| GISELA-Studie (Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0       | k. V.                | k. V.   |
|                                 | 8 F; > 69,0                 | k. V.                |         |
| Hughes et al. 2004              | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6  | 0,003 ↑              | k. V.   |
| Rossi et al. 2008               | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7  | 0,004 ↑              | k. V.   |
| Shimokata et al. 1989           | 77 F, 157 M; 45,0-64,0      | k. V.                | 0,004 ↑ |
|                                 | 46 F, 106 M; 65,0-86,0      | 0,002 ↑              | 0,003 ↑ |
| Zamboni et al. 2003             | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8 | k. V.                | k. V.   |

↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A18: Jährliche Veränderung des Oberarmumfangs des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)    | (cm / Jahr) |        |
|------------------------------------|------------------------------|-------------|--------|
|                                    |                              | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | 0,08 ↓      | 0,12 ↓ |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0           | 0,08 ↓      | 0,12 ↓ |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | 0,18 ↓      | k. V.  |
|                                    | 8 F; > 69,0                  | 0,18 ↓      |        |
| DeGroot et al. 2002                | 370 F, 292 M; 70,0-75,0      | 0,07 ↓      | 0,07 ↓ |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6   | 0,05 ↓      | 0,20 ↓ |
| Noppa et al. 1980                  | 65 F; Ø 60,0                 | k. V.       |        |
| Pařízková und Eiselt<br>1980       | 22 M; Ø 65,4                 |             | 0,20 ↓ |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5 | 0,20 ↓      | 0,07 ↓ |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A19: Jährliche Veränderung der absoluten FFM des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)      | (kg / Jahr)         |        |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------|
|                                    |                                | Frauen              | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0        | 0,03 ↓              | k. V.  |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0             | 0,12 ↓              | k. V.  |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0          | 0,02 ↓<br>(Tendenz) | k. V.  |
|                                    | 8 F; > 69,0                    | 0,17 ↓              |        |
| Dey et al. 2009                    | 49 F, 38 M; Ø 75,0             | 0,19 ↓              | 0,40 ↓ |
| Ding et al. 2009                   | 931 F; Ø 73,3, 855 M; Ø 73,7   | 0,09 ↓              | 0,18 ↓ |
| Fantin et al. 2007                 | 97 F, 62 M; Ø 71,0             | 0,07 ↓              | 0,35 ↓ |
| Flynn et al. 1989                  | 16 F, 103 M; > 60,0            | 0,55 ↓              | 0,35 ↓ |
| Gallagher et al. 2000              | 54 F; Ø 70,2, 24 M; Ø 72,9     | k. V.               | 0,30 ↓ |
| Goodpaster et al. 2006             | 634 F; Ø 73,4, 634 M; Ø 73,7   | 0,10 ↓              | 0,30 ↓ |
| Guo et al. 1999                    | 108 F, 102 M; 40,0-64,0        | 0,11 ↓              | k. V.  |
| Hughes et al. 2002                 | 78 F; Ø 60,0, 53 M ; 61,1      | k. V.               | 0,12 ↓ |
| Kyle et al. 2006a                  | 132 F, 173 M; 20,0-70,0        | k. V.               | k. V.  |
| Kyle et al. 2006b                  | 18 F, 28 M ; 45,0-70,0         | 0,09 ↓              | k. V.  |
| Pařízková und Eiselt<br>1971       | 35 M; Ø 62,4                   |                     | k. V.  |
|                                    | 20M; Ø 70,2                    |                     | k. V.  |
| Rossi et al. 2008                  | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7     | 0,13 ↓              | 0,47 ↓ |
| Siervogel et al. 1998              | 62 F, 53 M; 45,0-65,0          | k. V.               | k. V.  |
| Suominen 1997                      | 124 F, 64 M; Ø 75,0            | 0,28 ↓              | 0,28 ↓ |
|                                    | 63 F, 24 M; Ø 80,0             | 0,24 ↓              | k. V.  |
| Murray et al. 1996                 | 22 M; Ø 62,0                   |                     | k. V.  |
| Visser et al. 2003                 | 1026 F; Ø 73,4, 1014 M; Ø 73,7 | 0,13 ↓              | 0,32 ↓ |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5   | 0,20 ↓              | 0,43 ↓ |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8    | k. V.               | k. V.  |

↓ = abnehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A20: Jährliche Veränderung der absoluten Fettmasse des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                             | Probanden; Basisalter (J)      | (kg / Jahr) |        |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------|--------|
|                                    |                                | Frauen      | Männer |
| GISELA-Studie<br>(Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0        | 0,16 ↑      | k. V.  |
|                                    | 92 F, 30 M; > 69,0             | k. V.       | k. V.  |
| GISELA-Studie<br>(Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0          | 0,17 ↑      | k. V.  |
|                                    | 8 F; > 69,0                    | k. V.       |        |
| Dey et al. 2009                    | 49 F, 38 M; Ø 75,0             | k. V.       | k. V.  |
| Ding et al. 2009                   | 931 F; Ø 73,3, 855 M; Ø 73,7   | 0,20 ↑      | 0,40 ↑ |
| Fantin et al. 2007                 | 97 F, 62 M; Ø 71,0             | k. V.       | k. V.  |
| Gallagher et al. 2000              | 54 F; Ø 70,2, 24 M; Ø 72,9     | k. V.       | 0,26 ↑ |
| Goodpaster et al. 2006             | 634 F; Ø 73,4, 634 M; Ø 73,7   | 0,10 ↑      | 0,17 ↑ |
| Guo et al. 1999                    | 108 F, 102 M; 40,0-64,0        | 0,41 ↑      | 0,37 ↑ |
| Hughes et al. 2002                 | 78 F; Ø 60,0, 53 M ; 61,1      | 0,14 ↑      | 0,13 ↑ |
| Hughes et al. 2004                 | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6     | 0,10 ↑      | 0,14 ↑ |
| Kyle et al. 2006a                  | 132 F, 173 M; 20,0-70,0        | 0,15 ↑      | 0,25 ↑ |
| Kyle et al. 2006b                  | 18 F, 28 M ; 45,0-70,0         | 0,24 ↑      | 0,17 ↑ |
| Noppa et al. 1980                  | 15 F; Ø 60,0                   | k. V.       |        |
| Pařízková und Eiselt<br>1971       | 35 M; Ø 62,4                   |             | k. V.  |
|                                    | 20 M; Ø 70,2                   |             | k. V.  |
| Rossi et al. 2008                  | 47 F; Ø 71,6, 30 M; Ø 71,7     | k. V.       | k. V.  |
| Siervogel et al. 1998              | 62 F, 53 M, 45,0-65,0          | 0,52 ↑      | 0,37 ↑ |
| Steen et al. 1979                  | 28 F, 37 M; Ø 70,0             | k. V.       | 0,04 ↑ |
| Suominen 1997                      | 124 F, 64 M; Ø 75,0            | k. V.       | k. V.  |
|                                    | 63 F, 24 M; Ø 80,0             | k. V.       | k. V.  |
| Murray et al. 1996                 | 22 M; Ø 62,0                   |             | k. V.  |
| Visser et al. 2003                 | 1026 F; Ø 73,4, 1014 M; Ø 73,7 | k. V.       | 0,20 ↓ |
| Woo et al. 2001                    | 543 F; Ø 77,5, 531 M; Ø 79,5   | 0,37 ↓      | 0,17 ↓ |
| Zamboni et al. 2003                | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8    | 0,30 ↑      | k. V.  |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A21: Jährliche Veränderung der prozentualen Fettmasse des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                          | Probanden; Basisalter (J)    | (% / Jahr) |        |
|---------------------------------|------------------------------|------------|--------|
|                                 |                              | Frauen     | Männer |
| GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0      | 0,12 ↑     | k. V.  |
|                                 | 92 F, 30 M; > 69,0           | k. V.      | k. V.  |
| GISELA-Studie (Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0        | k. V.      | k. V.  |
|                                 | 8 F; > 69,0                  | k. V.      |        |
| Dey et al. 2009                 | 49 F, 38 M; Ø 75,0           | k. V.      | 0,35 ↑ |
| Ding et al. 2009                | 931 F; Ø 73,3, 855 M; Ø 73,7 | 0,19 ↑     | 0,40 ↑ |
| Flynn et al. 1989               | 16 F, 103 M; > 60,0          | 0,84 ↑     | 0,53 ↑ |
| Goodpaster et al. 2006          | 634 F; Ø 73,4, 634 M; Ø 73,7 | 0,14 ↑     | 0,05 ↑ |
| Hughes et al. 2002              | 78 F; Ø 60,0, 53 M; 61,1     | 0,14 ↑     | 0,13 ↑ |
| Hughes et al. 2004              | 75 F; Ø 60,1, 54 M; Ø 60,6   | 0,10 ↑     | 0,14 ↑ |
| Siervogel et al. 1998           | 62 F, 53 M; 45,0-65,0        | 0,47 ↑     | 0,34 ↑ |
| Zamboni et al. 2003             | 101 F; Ø 71,6, 60 M; Ø 71,8  | 0,30 ↑     | k. V.  |

↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A22: Jährliche Veränderung des absoluten GKW des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                          | Probanden; Basisalter (J)  | (L / Jahr) |        |
|---------------------------------|----------------------------|------------|--------|
|                                 |                            | Frauen     | Männer |
| GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0    | 0,02 ↑     | k. V.  |
|                                 | 92 F, 30 M; > 69,0         | k. V.      | k. V.  |
| GISELA-Studie (Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0      | k. V.      | k. V.  |
|                                 | 8 F; > 69,0                | k. V.      |        |
| Dey et al. 2009                 | 49 F, 38 M; Ø 75,0         | 0,07 ↓     | 0,05 ↓ |
| Gallagher et al. 2000           | 54 F; Ø 70,2, 24 M; Ø 72,9 | 0,19 ↓     | 0,30 ↓ |
| Noppa et al. 1980               | 15 F; Ø 60,0               | 0,20 ↑     |        |
| Steen et al. 1979               | 28 F, 37 M; Ø 70,0         | 0,40 ↓     | 0,60 ↓ |
| Steen et al. 1985               | 14 F, 9 M; Ø 70,0          | 0,31 ↓     | 0,45 ↓ |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A23: Jährliche Veränderung des prozentualen GKW des Gesamt- und Teilkollektivs sowie entsprechender Studienergebnisse aus der Literatur**

| Quelle                          | Probanden; Basisalter (J) | (% / Jahr) |        |
|---------------------------------|---------------------------|------------|--------|
|                                 |                           | Frauen     | Männer |
| GISELA-Studie (Gesamtkollektiv) | 195 F, 101 M; 60,0-69,0   | 0,04 ↓     | k. V.  |
|                                 | 92 F, 30 M; > 69,0        | 0,09 ↑     | k. V.  |
| GISELA-Studie (Teilkollektiv)   | 27 F, 19 M; 60,0-69,0     | 0,06 ↓     | k. V.  |
|                                 | 8 F; > 69,0               | 0,19 ↑     |        |
| Steen et al. 1979               | 28 F, 37 M; Ø 70,0        | 0,40 ↓     | 0,40 ↓ |

↓ = abnehmend, ↑ = zunehmend, F = Frauen, M = Männer, J = Jahre, k. V. = keine Veränderung

**Tab. A24: PAI (Basiswerte) der Frauen des Gesamt- und Teilkollektivs im Vergleich**

|     | Gesamtkollektiv<br>(n = 266) | Teilkollektiv<br>(n = 35) | p <sup>1</sup> -Wert |
|-----|------------------------------|---------------------------|----------------------|
| PAI | 1,73 ± 0,16                  | 1,80 ± 0,15               | 0,012                |

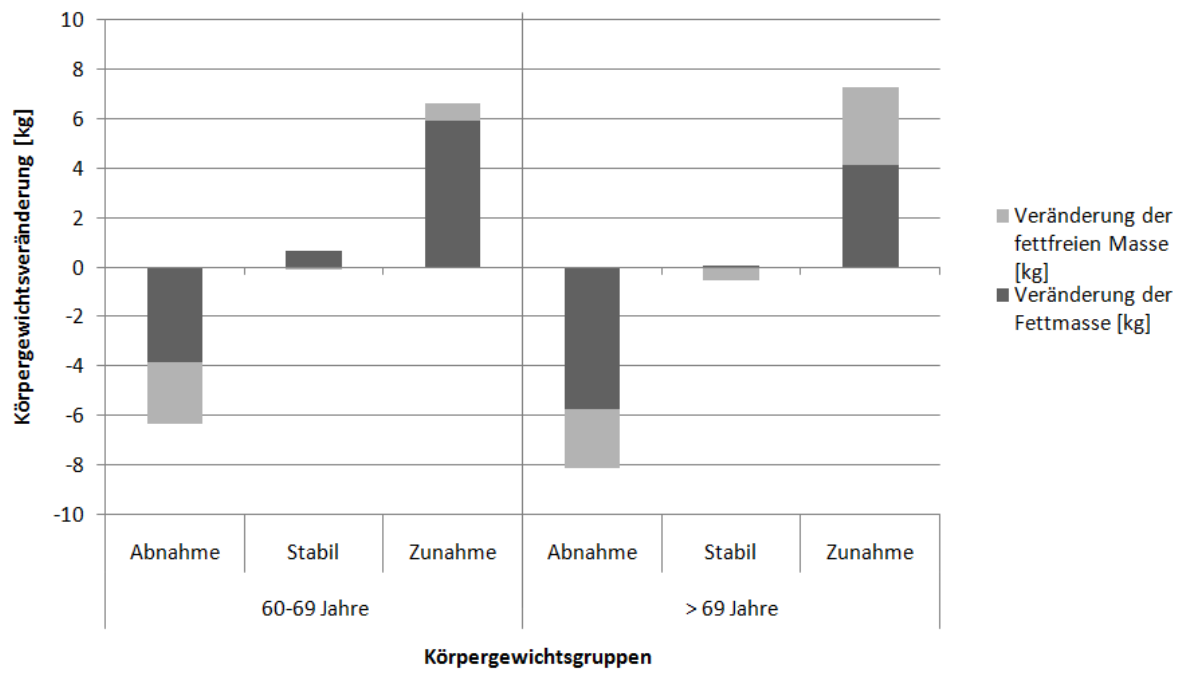
<sup>1</sup> t-Test für unabhängige Stichproben

**Tab. A25: Veränderungen der FFM (kg, %) und Fettmasse (kg) der GISELA-Teilnehmer zwischen 1994 und 2004 getrennt nach Körpergewichtsveränderung und Alter (MW  $\pm$  SD, [Min-Max])**

| Altersgruppe | Parameter      | Körpergewichtsgruppen                          |  |   |   |
|--------------|----------------|--|--|---|---|
|              |                | Stabil   | Zunahme  | Abnahme   | Gesamt  |
| 60-69 J      | FFM (kg)       | -0,12 $\pm$ 1,58<br>[-3,83 - 4,36]<br>(n = 42) | 0,71 $\pm$ 1,68<br>[-1,97- 4,08]<br>(n = 20)     | -2,48 $\pm$ 1,56<br>[-5,69 - -0,21]<br>(n = 11) | -0,24 $\pm$ 1,88<br>[-5,69 - 4,36]<br>(n = 73)  |
|              | FFM (% KG)     | -0,64 $\pm$ 2,36<br>[-8,10 - 5,93]<br>(n = 42) | -4,80 $\pm$ 3,11<br>[-13,33 - -0,45]<br>(n = 20) | 2,05 $\pm$ 1,75<br>[-0,53 - 5,25]<br>(n = 11)   | -1,38 $\pm$ 3,39<br>[-13,33 - 5,93]<br>(n = 73) |
|              | Fettmasse (kg) | 0,67 $\pm$ 2,12<br>[-4,36 - 6,33]<br>(n = 42)  | 5,89 $\pm$ 3,26<br>[2,42 - 15,89]<br>(n = 20)    | -3,84 $\pm$ 1,86<br>[-7,31 - -1,54]<br>(n = 11) | 1,42 $\pm$ 3,99<br>[-7,31 -15,89]<br>(n = 73)   |
| > 69 J       | FFM (kg)       | -0,53 $\pm$ 1,09<br>[-1,48 - 2,25]<br>(n = 12) | 3,13 $\pm$ 1,79<br>[-1,87 - 4,40]<br>(n = 2)     | -2,35 $\pm$ 1,15<br>[-3,99 - -1,45]<br>(n = 5)  | -0,62 $\pm$ 1,90<br>[-3,99 - 4,40]<br>(n = 19)  |
|              | FFM (% KG)     | -0,41 $\pm$ 1,68<br>[-3,17 - 2,04]<br>(n = 12) | -1,47 $\pm$ 1,50<br>[-2,53 - -0,41]<br>(n = 2)   | 4,47 $\pm$ 3,33<br>[0,61 - 8,97]<br>(n = 5)     | 0,76 $\pm$ 3,10<br>[-3,17 - 8,97]<br>(n = 19)   |
|              | Fettmasse (kg) | 0,07 $\pm$ 1,51<br>[-2,05 - 2,12]<br>(n = 12)  | 4,11 $\pm$ 3,52<br>[1,63 - 6,60]<br>(n = 2)      | -5,75 $\pm$ 4,12<br>[-12,38 - -1,40]<br>(n = 5) | -1,04 $\pm$ 3,98<br>[-12,38 - 6,60]<br>(n = 19) |

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum, KG = Körpergewicht, FFM = Fettfreie Masse, J = Jahre





**Abb. A1: Mittlere Veränderung des Körpergewichts, der absoluten FFM und der absoluten Fettmasse der GISELA-Probanden getrennt nach Körpergewichtsveränderung und Alter**

### **Danksagung**

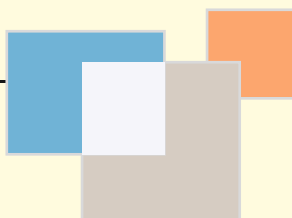
Mein Dank geht an Frau Prof. Dr. M. Neuhäuser-Berthold, für die Betreuung meiner Promotion und der Möglichkeit in ihrer Arbeitsgruppe im Rahmen der GISELA-Studie diese Arbeit anzufertigen. Darüber hinaus danke ich ihr und Herrn Prof. Dr. M. Krawinkel für die Bereitschaft, die Gutachten zu erstellen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. J. Pons-Kühnemann für seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung der GISELA-Daten.

Mein Dank geht ebenfalls an alle jetzigen und ehemaligen Mitarbeiter der Arbeitsgruppe von Frau Prof. Dr. M. Neuhäuser-Berthold sowie an alle Beteiligten, die an der GISELA-Studie mitgearbeitet haben. Ganz besonders möchte ich mich bei Petra für ihre Unterstützung bedanken sowie bei Bianca für die sorgfältige Durchsicht dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich allen Senioren danken, die an der GISELA-Studie teilgenommen haben.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meiner Familie, vor allem bei Jutta für das aufmerksame Korrekturlesen sowie bei meinem Mann Erik, ohne dessen unermessliche Geduld, Kraft und Unterstützung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5892-0



9 783835 195892 0

Cover photo: © Lisa F. Young - Fotolia.com